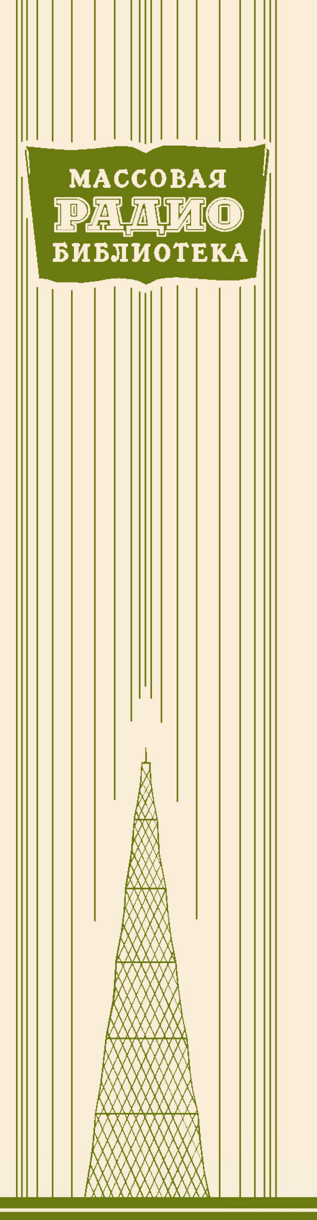
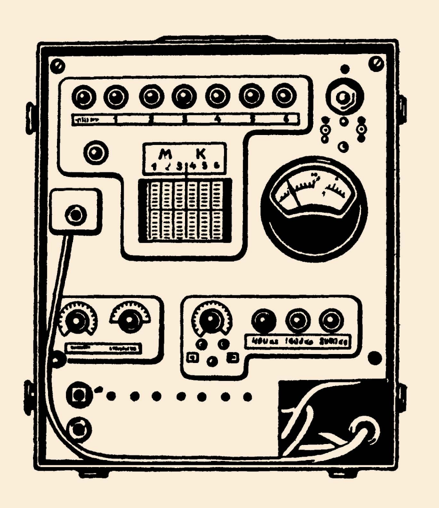


Р. ШАДОВ

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ РЕМОНТА ПРИЕМНИКОВ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1955

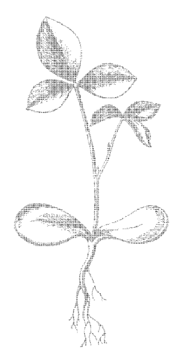
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 232

Р. ШАДОВ

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ РЕМОНТА ПРИЕМНИКОВ

Переработанный перевод с немецкого
П. О. Чечика





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

В книге изложен накопленный автором опыт проектирования и изготовления комбинированных испытательных устройств для проверки и налаживания радиовещательных приемников при их ремонте.

На основе анализа существующих методов радиоизмерений приведены соображения о выборе схем генераторов высоких и низких частот, омметров постоянного тока, измерителей полных сопротивлений, схем для исследования резонансных свойств контуров, простейшего электроннолучевого осциллографа и других приборов.

Приведены описания пяти типов комбинированных испытательных устройств, облегчающих поиски причин неисправности приемников и их налаживание после ремонта.

Книга рассчитана на подготовленного радиолюбителя.

Автор — *Шадов Р.*

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ РЕМОНТА ПРИЕМНИКОВ

Редактор *Е. А. Левитин* Техн. редактор К. П. Воронин

Сдано в набор 8/VI 1955 г. Подписано к печати 5/IX 1955 г.

Т-06863 Бумага 84×108$^1/_{32}$ 6,56 печ. л.+1 вклейка уч.-изд. л. 7,4

Тираж 25 000 экз. Цена 3 руб. Заказ 271

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рост культурного уровня и материального благополучия населения СССР находит свое отражение, в частности, и в огромном спросе, предъявляемом на радиовещательные приемники и телевизоры.

Эксплуатация действующего и все увеличивающегося парка радиовещательных приемников требует систематического, культурного и грамотного обслуживания их. Эту задачу призвана решать сеть ремонтных мастерских. Такие мастерские непрерывно создаются в больших и малых городах и населенных пунктах.

Основными вопросами, возникающими при создании радиоремонтных мастерских, являются проблема кадров и оснащение специальным оборудованием. Значительную помощь в решении проблемы кадров может оказать радиолюбительское движение, объединяющее огромную, все увеличивающуюся армию энтузиастов радиотехники, среди которых наиболее многочисленную группу составляют радиолюбители — конструкторы вещательных приемников.

Что касается специального оборудования таких мастерских, следует учитывать, что современный радиоприемник является сложным прибором, налаживание и качественный ремонт которого уже немыслимы без наличия радиоизмерительной и общей электротехнической измерительной аппаратуры. Радиопромышленность выпускает большое число типов различных радиоизмерительных приборов, однако и в этой области, как показали ежегодные Всесоюзные выставки творчества радиолюбителей, большую помощь могут оказать радиолюбители-конструкторы.

Радиоиспытательная аппаратура для налаживания и ремонта радиоприемников имеет свою специфику. Ограничение требований к точности измерений (в разумных пределах) при непременных требованиях простоты, надежности и удобства в обращении позволяет создать так называемые комбинированные приборы и устройства, намного облегчающие труд монтеров и повышающие качество их работы.

Предлагаемая вниманию читателей книга Шадова рассказывает об опыте автора по проектированию и созданию такой комбинированной испытательной аппаратуры. Хотя в книге и приведены описания выполненных автором пяти конструкций, их не следует рассматривать как обязательные рецепты. Из ознакомления с основными положениями конструирования испытательной аппаратуры (гл. 1), анализа различных методов измерений (гл. 2), соображений об основах конструирования деталей и узлов комбинированной аппаратуры (гл. 3) читатель должен получить представление о проектировании и самостоятельном изготовлении таких комбинированных приборов. Поэтому описания пяти выполненных автором моделей (гл. 4) различных комбинированных устройств следует рассматривать только как примеры решения поставленных задач. Хотя в описаниях и схемах приведены данные почти всех деталей, следует предостеречь читателей от слепого копирования схем и конструкций приборов, тем более что найти полностью эквивалентную замену лампам, использованным автором, не всегда возможно. В конце книги в приложении 2 мы сочли необходимым привести основные параметры большинства использованных автором в его конструкциях ламп, а в приложении 3 — их цоколевки и схемы.

Нет сомнения, что наши радиолюбители смогут создать много других типов комбинированной испытательной аппаратуры, еще лучше отвечающих конкретным задачам и условиям практики.

Многие схемы как простых, так и комбинированных приборов радиолюбители смогут, вероятно, использовать для оснащения своих домашних лабораторий и лабораторий радиоклубов.

Книга рассчитана на подготовленного радиолюбителя, имеющего опыт работы в области измерительной аппаратуры.

При переводе книги и ее редактировании были устранены многие (вероятно, далеко не все) ошибки и неточности. Редакция будет благодарна читателям за все отзывы и замечания, которые просим направлять по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10, Госэнергоиздат, Редакция массовой радиобиблиотеки.

П. Чечик

ВВЕДЕНИЕ

Для того чтобы отремонтировать поврежденный радиоприемник, усилитель или вообще любое радиотехническое устройство, надо в первую очередь отыскать неисправность или повреждение. В большинстве случаев на обнаружение места неисправности и последующую после ремонта проверку качества работы отремонтированного устройства затрачивается значительно больше времени, чем на замену неисправной детали, т. е. на самый ремонт.

Все испытания и измерения, которые приходится выполнять в процессе ремонтных работ, являются только средством для обнаружения повреждения или проверки качества произведенного ремонта. В этих условиях быстрота, с которой могут быть произведены необходимые операции по проверке, простота применяемых для этой цели приборов, удобство и надежность пользования в эксплуатации являются главными техническими характеристиками таких устройств.

Очевидно также, что число испытательных приборов, используемых при ремонте, должно быть минимальным; это привело к разработке комбинированных устройств.

Такая постановка задачи заставляет по-новому рассмотреть вопрос о качестве измерений в ремонтной практике. К измерительным и испытательным приборам для обнаружения неисправностей в радиоаппаратуре не следует предъявлять слишком высоких требований в отношении точности измерений. От таких приборов значительно важнее получить высокую чувствительность.

В огромном большинстве случаев (за исключением некоторых цепей высокой частоты) ошибка в $\pm 10\%$ при измерении значения интересующей нас величины не имеет существенного значения для практики, так как большинство применямых в радиоприемнике деталей (конденсаторы, сопротивления) без ущерба для дела может иметь более широкие допуски.

Уменьшение в разумных пределах требований к точности измерений позволяет упростить методику измерения, а сле-

довательно, упростить и удешевить конструкцию аппаратуры настолько, что делает возможным и целесообразным изготовление ее собственными силами.

Уменьшение требований к точности измерений не только упрощает конструкцию приборов, но делает их более простыми и удобными в эксплуатации, а следовательно, позволяет сократить время на обнаружение повреждений. Так, отказ от мостовых схем измерения сопротивлений, емкостей или индуктивностей и применение, например, метода вольтметра — амперметра для измерения активных и полных сопротивлений хотя и дает меньшую точность измерений, чем мостовые схемы, зато позволяет значительно упростить аппаратуру и процесс измерения. Это же относится к фарадометрам и измерителям индуктивности с непосредственным отсчетом.

Точно так же целесообразно, например, в аппаратуре для обнаружения неисправностей отказаться от излишне сложных механических устройств для замедленного вращения шкал генераторов высокой частоты. Применение простых и надежных переключателей поддиапазонов и простых приводов вращения органов настройки этих генераторов хотя и приводит к некоторой потере точности измерения частоты, но зато требует значительно меньшей затраты времени на самый процесс измерения без всякого ущерба для решения основной задачи — обнаружения неисправности и ремонта.

Эти соображения позволяют утверждать, что работы по ремонту радиоприемников не следует превращать в научные исследования по технике высокой частоты и разработка аппаратуры для обнаружения повреждений и последующей проверки качества отремонтированного приемника не должна стать самоцелью. При разработке аппаратуры надо прежде всего определить практические технические требования к ней, а на основе их анализа подобрать простейшую методику для каждого отдельного случая.

В соответствии с такой постановкой задачи первая и вторая главы этой книги посвящены рассмотрению технических требований к испытательной аппаратуре, анализу этих требований и выработке основных положений по проектированию испытательной аппаратуры. В третьей главе приводятся соображения о конструктивных решениях основных узлов аппаратуры и, наконец, в четвертой главе даны краткие описания и схемы пяти моделей различных комбинированных устройств для обнаружения неисправностей. Устройства эти были опробованы в течение длительного времени на

практике и оказались весьма удобными и надежными в эксплуатации.

Само собой разумеется, что предлагаемые в четвертой главе схемы комбинированных приборов должны рассматриваться только как возможные варианты решения поставленной задачи и отнюдь не должны считаться наилучшими. Принятые принципиальные решения для основных узлов — омметра, лампового вольтметра, измерителя полных сопротивлений, генераторов высокой и низкой частот — позволяют осуществить много других комбинаций и создать новые варианты испытательных устройств, которые могут оказаться более удобными в тех или иных конкретных практических условиях.

Хотя все описанные в книге модели предназначены для обнаружения неисправностей и проверки радиоприемников в ремонтных мастерских, однако само собой разумеется, что они с одинаковым успехом могут быть применены для проверки исправности и качества работы не только радиоприемников, но и любой другой высокочастотной аппаратуры в радиоклубах и радиолюбительских лабораториях.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

1. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОБНАРУЖЕНИЕМ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РАДИОПРИЕМНИКАХ

Все испытания и измерения, которые приходится производить для обнаружения неисправностей в радиоприемниках при ремонте, можно разделить в основном на следующие три группы:

1. Проверка исправности блока питания.
2. Проверка и испытание низкочастотной части приемника.
3. Проверка и испытание высокочастотной части приемника.

На первый взгляд кажется целесообразным соответственно этим трем группам применить три отдельных типа испытательной аппаратуры; однако при более подробном рассмотрении обнаруживается, что некоторые измерения и испытания, как, например, измерения сопротивлений, емкостей и индуктивностей, одинаково необходимы при исследовании как высокочастотной, так и низкочастотной части приемника и даже при проверке блоков питания.

Рассмотрим подробнее необходимые испытания и измерения для каждой группы, чтобы решить вопрос о возможности использования одних и тех же методов для одинаковых по характеру испытаний и измерений, а следовательно, о возможности применения одинаковых принципиальных схем и конструкций измерительной аппаратуры.

При проверке исправности отдельных элементов приемника могут оказаться необходимыми следующие измерения и испытания.

А. Для блока питания

1. Измерения переменных токов и напряжений.
2. Измерения постоянных токов и напряжений.

3. Проверка исправности монтажа, контактов и измерение сопротивлений.

4. Определение исправности конденсаторов и измерение емкостей в диапазоне 0,1—100 *мкф*.

5. Определение исправности и измерение индуктивности дросселя фильтра.

6. Измерение полных сопротивлений обмоток силового трансформатора.

7. Проверка исправности ламп и выпрямительных столбиков.

Б. Для низкочастотной части

1. Проверка работы усилителя низкой частоты и громкоговорителя. Для такой проверки необходим источник напряжения низкой частоты 0,1—50 *в* с фиксированной (400 или 800 *гц*) или плавно изменяющейся частотой.

2. Проверка исправности конденсаторов и измерение емкостей в диапазоне от 50 *пф* до 50 *мкф*.

3. Проверка исправности катушек и измерение индуктивностей в диапазоне 0,01—500 *гн*.

4. Измерение полных сопротивлений (громкоговорителей, выходных трансформаторов) в диапазоне от 1 *ом* до 1 *мгом*.

5. Проверка исправности монтажа, контактов и измерение сопротивлений.

6. Определение нелинейных искажений (при помощи электроннолучевого осциллографа).

7. Проверка исправности ламп.

В. Для высокочастотной части

1. Проверка работы отдельных каскадов усилителей высокой и промежуточной частот, а также детектора. Для такой проверки необходим источник переменного высокочастотного напряжения от нескольких микровольт до 0,1 *в* в диапазоне 0,1—20 *мггц*.

2. Проверка работы и измерение частоты гетеродина.

3. Проверка исправности и измерение собственной частоты колебательных контуров.

4. Определение величины затухания контуров.

5. Определение исправности конденсаторов и измерение емкостей в диапазоне 1—2 000 *пф*.

6. Определение исправности катушек и измерение индуктивности в диапазоне от 0,1 *мкгн* до 10 *мгн*.

7. Определение нелинейных искажений (при помощи электроннолучевого осциллографа).

8. Проверка исправности монтажа, контактов и измерение сопротивлений.

9. Проверка исправности ламп.

В практических условиях основные измерительные приборы для проверки исправности блока питания и измерения соответствующих токов и напряжений целесообразно сосредоточить на отдельном щитке питания. Такой щиток должен иметь необходимые коммутационные устройства (переключатели, штепсельные гнезда и пр.) для случаев питания приемников постоянным и переменным током различных напряжений. Эти щитки оборудуются автоматически действующей защитой. Необходимые для измерений вольтметры и амперметры могут быть смонтированы на щитке; в случае же если они выполнены в виде многопредельных приборов, целесообразнее использовать их как переносные приборы.

Таким образом, измерения, связанные с блоком питания, целесообразно исключить из общего перечня проверок и измерений, возможность выполнения которых должны обеспечить комбинированные устройства для обнаружения повреждений в приемнике. Точно так же следует исключить из общего перечня проверку исправности ламп. Лампы обычно проверяют, вынув их из приемника, и для этого целесообразно иметь универсальный испытательный прибор, позволяющий проверять все типы ламп, используемых в приемниках.

Если теперь попытаться наиболее рационально сгруппировать остальные проверки и измерения, то представляется целесообразным создание двух типов устройств, а именно: испытательного устройства для низкочастотных цепей и испытательного устройства для высокочастотных цепей, имеющих в своем составе следующие измерительные приборы и схемы.

Испытатель низкочастотных цепей

Это устройство должно содержать:

1. Генератор низкой частоты на фиксированную частоту 400 или 800 *гц* (или, если возможно, с плавным диапазоном 20—20 000 *гц*) с выходным напряжением 0,1—50 *в*.

2. Омметр постоянного тока для измерения сопротивлений 0—100 *мгом* с точностью $\pm 10\%$.

3. Вольтметр постоянного тока с высокоомным входом для напряжений 0—50 *в* (или до 250 *в*) с точностью $\pm 5\%$.

4. Измеритель полных (или реактивных) сопротивлений от 1 *ом* до 1 *мгом* с точностью ± 10%.

5. Измеритель емкостей от 5 *пф* до 100 *мкф* с точностью ±10%.

6. Измеритель индуктивностей 0,01—500 *гн* с точностью ±20%.

7. Определитель наличия нелинейных искажений (электроннолучевой осциллограф).

Испытатель высокочастотных цепей

Это устройство должно содержать:

1. Модулированный генератор высокой частоты на диапазон 0,1—20 *мггц* с выходным напряжением от 10 *мкв* до 0,1 *в*.

2. Измеритель частоты гетеродинов с точностью ± 2%.

3. Измеритель собственной частоты контуров с точностью ± 2%.

4. Испытатель затухания колебательных контуров.

5. Измеритель емкостей 1—2 000 *пф* с точностью ±1%.

6. Измеритель индуктивностей от 0,1 *мкгн* до 10 *мгн* с точностью ± 1%.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ

Чтобы решить, являются ли перечисленные выше испытатели и измерители и предъявляемые нами требования к точности измерений достаточными и необходимыми для обнаружения неисправностей в радиоприемнике, попробуем проанализировать их на конкретном примере супергетеродинного приемника с питанием от сети переменного тока.

Приняв необходимые меры предосторожности, включим неисправный приемник в сеть соответствующего напряжения. Само включение и последующие несколько минут позволят дать ответ на вопрос о наличии или отсутствии короткого замыкания или обрыва в цепи питания и степени работоспособности приемника.

Если приемник совершенно не работает, проверку надо начать со шнура, соединяющего блок питания с сетью. Такую проверку можно выполнить при помощи омметра постоянного тока, позволяющего без большой точности измерять малые сопротивления (менее 10 *ом*).

Если подлежащий ремонту приемник оказался с универсальным питанием и требовалось бы проверить исправность и величину гасящего добавочного сопротивления, то в пер-

вом приближении достаточна была бы точность измерения его величины ±10%. При замене неисправного гасящего сопротивления новым более точное измерение его сопротивления в нагретом состоянии может быть заменено измерением тока, текущего через цепь накала, в которую он включен.

Проверку силового трансформатора можно произвести посредством измерения реактивного сопротивления первичной обмотки. Размеры сердечника трансформатора позволяют на глаз оценить, на какую мощность рассчитан этот трансформатор. Зная примерно величину индуктивности первичной обмотки, можно определить и примерное значение минимального кажущегося сопротивления обмотки для холостого хода. Для измерения величины этого сопротивления достаточна точность порядка ±15%. Проверка реактивного сопротивления имеет большое достоинство, так как она позволяет обнаружить наличие короткозамкнутых витков, а также определить выводы всех обмоток [1].

Если блок питания в первом приближении признан исправным, следует приступить к поверке работы усилителя низкой частоты. Для этого на гнезда звукоснимателя или вход усилителя н. ч. подается напряжение от генератора звуковой частоты, причем надо иметь возможность регулировать это напряжение в довольно широких пределах. При наличии хотя бы грубой градуировки выходного напряжения генератора можно приблизительно оценить общее усиление, даваемое каскадами н. ч. Минимальное напряжение, которое может потребоваться при такой проверке: 0,1—0,05 *в*. Величину максимального напряжения генератора низкой частоты можно определить, исходя из того, что в случае неисправности низкочастотной части приемника проверку придется производить от каскада к каскаду вплоть до громкоговорителя. В последнем случае может понадобиться напряжение 20—30 *в*.

Для указанных выше проверок достаточен генератор с фиксированной частотой 800 или 400 *гц*. Для более сложных случаев, в частности для проверки частотной характеристики или оценки нелинейных искажений, проверки акустических резонансов ящика, шасси и пр., желательно, чтобы генератор имел непрерывный, плавно изменяющийся диа-

---

[1] Проверку исправности силового трансформатора в приемнике проще осуществить измерением напряжения на отдельных обмотках при помощи вольтметра переменного тока; наличие короткозамкнутых витков вызывает нагрев ненагруженного трансформатора. *Ред.*

пазон частоты. Максимальное выходное напряжение при этом должно быть 50—100 *в*. Требования к точности определения частоты генератора и его выходного напряжения при этих испытаниях невысоки, и ошибка в $\pm 10\%$ вполне допустима. Что касается коэффициента нелинейных искажений генератора, то желательно, чтобы он не превышал 2%.

Если бы какой-либо каскад усилителя низкой частоты оказался неисправным, то понадобились бы измерения некоторых напряжений и проверка деталей, входящих в этот каскад. Следует учитывать, что измерения напряжений на сетках ламп могут быть без больших ошибок произведены только при помощи ламповых вольтметров. Эти напряжения, как правило, не превосходят 50 *в*, а ошибка измерения в $\pm 10\%$ вряд ли является существенной.

Точность измерения емкостей и сопротивлений в каскадах усилителя низкой частоты $\pm 10\%$ для большинства случаев вполне достаточна. Существенное значение имеет испытание изоляции конденсаторов связи между анодом предыдущего и сеткой последующего каскадов (переходные емкости). Метод измерения таких сопротивлений должен обеспечивать достаточную чувствительность. Величина сопротивлений имеет порядок 50 *мгом*.

Для проверки междуламповых трансформаторов и дросселей низкой частоты можно ограничиться измерением их реактивных сопротивлений и индуктивностей. Первые грубые заключения о характере повреждения могут быть сделаны при слишком малых или слишком больших значениях измеренных индуктивностей или сопротивлений. Коэффициент трансформации трансформаторов можно установить из измерений индуктивности первичной и вторичной обмоток по следующей формуле:

$$n = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}},$$

где L_2 — индуктивность вторичной обмотки;
L_1 — индуктивность первичной обмотки[1].

При измерениях индуктивности ошибка в $\pm 20\%$ допустима. Это относится и к измерениям индуктивности дросселя фильтра выпрямителя, который при наличии подмагничивающего тока может обладать малой индуктивностью, если воздушный зазор окажется слишком малым.

[1] Определение коэффициента трансформации трансформаторов проще, вероятно, можно выполнить измерением напряжений на обмотках трансформатора при помощи вольтметра переменного тока. *Ред.*

Кроме определения таких сравнительно грубых неисправностей в низкочастотной части приемника, к комбинированному устройству, предъявляется и ряд более высоких требований.

К этим требованиям относится, в частности, и определение причин нелинейных искажений. Неисправный каскад часто бывает трудно обнаружить, особенно если искажения невелики; в таких случаях помочь может только осциллограф.

Причины искажений в низкочастотной части приемника могут быть связаны и с плохой работой блока питания. В частности, искажения могут быть обусловлены недостаточной величиной постоянного напряжения, даваемого выпрямителем, и чрезмерным фоном. Обычно в таких случаях проверке в первую очередь подлежит первый электролитический конденсатор, на который нагружен выпрямитель. Кроме измерения емкости электролитических конденсаторов, где допустима ошибка в $\pm 20\%$, необходимо проверить ток утечки конденсатора при рабочем напряжении. Требования к точности измерения тока утечки в данном случае весьма низки. Ошибка измерения в $+100\%$ еще вполне допустима. Порядок допустимых величин тока утечки электролитических конденсаторов в зависимости от их емкости и рабочего напряжения можно определить из приложения 1 или подсчитать по формуле

$$I = 0{,}5 \cdot 10^{-1} UC,$$

где I — допустимый ток утечки, *мка*;
U — рабочее напряжение конденсатора, *в*;
C — емкость конденсатора, *мкф*.

Несколько отличен от описанного метод обнаружения неисправности при помощи устройства для прослушивания. Такое устройство содержит обычно детектор и усилитель и позволяет на слух проверить работу всех каскадов низкочастотной части приемника.

Если низкочастотная часть исследуемого приемника признана в первом приближении работоспособной, то можно перейти к исследованию высокочастотной части. Основным прибором для этих исследований является измерительный генератор высокой частоты.

В первую очередь надо убедиться в исправности усилителя промежуточной частоты. Генератор в. ч. должен обеспечивать возможность получения на всех частотах выходного напряжения не менее 0,1 *в*.

Проверку исправности контуров и оценку затухания можно выполнить в «холодном» состоянии, т. е. при выключенном питании приемника. При этой проверке надо иметь возможность определить собственную частоту контуров и произвести их настройку.

В то время как требования к точности установки частоты генератора довольно высоки — ошибка не должна превосходить 1% (т. е. при $f = 1$ *мггц* допустимая ошибка равна ± 10 *кгц*), при измерениях резонансной частоты контуров можно допустить ошибку 2—5%. После испытаний и устранения всех неисправностей все равно потребуется подстройка всех контуров по измерительному генератору при включенном приемнике, так как иначе не будет учтена динамическая емкость ламп.

В «холодном» состоянии можно проверить работу переключателя диапазонов и агрегата переменных конденсаторов. Установив значение промежуточной частоты, можно в «холодном» же состоянии проверить диапазоны частот контуров гетеродина.

При измерении емкостей и индуктивностей в высокочастотной части приемника ошибка не должна превышать $1 \div 2{,}5\%$. Это заставляет использовать для таких измерений высокочастотные методы.

Измерения затухания контуров и высокочастотных катушек допускают ошибку в $\pm 20\%$.

Для проверки работоспособности гетеродина на всех поддиапазонах необходимо иметь возможность измерять частоту в этом диапазоне с ошибкой не более $\pm 2\%$.

Весьма полезным является, кроме того, устройство для прослушивания. При помощи него можно прослушать модулированный сигнал, начиная от входа приемника в каждом каскаде высокой и промежуточной частоты. Особое значение такой метод имеет для проверки приемников, содержащих приставки для приема у. к. в. с частотной модуляцией. В этом случае устройство для прослушивания содержит дискриминатор или другой частотный детектор.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВЫБОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ И СХЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Для того чтобы выбрать наиболее целесообразные методы измерений и определить основные принципы конструирования комбинированной испытательной аппаратуры для обнаружения неисправностей в радиоприемниках, будем исходить из следующих основных положений:

1. Требования к точности измерений должны быть минимальными, насколько это допустимо в данных условиях.
2. Конструкция должна быть простой и обеспечивающей удобную и простую эксплуатацию устройства.
3. Принятая схема и ее конструктивное оформление должны обеспечить надежность, однозначность и повторяемость результатов измерений.
4. Выбранные методы измерений и конструктивные решения отдельных схем должны позволить осуществить легкое комбинирование приборов в одно общее универсальное устройство.

Рассмотрим вначале более или менее подробно некоторые способы осуществления основных видов измерений, которые включают измерения активных, реактивных и полных сопротивлений, тока утечки, постоянного тока и напряжения, а также схемы измерительного генератора высокой частоты и испытательного генератора низкой (звуковой) частоты, методы измерения частоты контуров, гетеродинов, измерения емкости и индуктивности, схемы простейшего осциллографа и схемы устройства для прослушивания.

1. ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Исходя из принятых установок, можно считать, что высокая точность, которая может быть достигнута при помощи мостовых схем для измерения активных сопротивлений, рационально используется лишь в тех случаях, когда речь идет о точной подгонке величины сопротивлений. В работе по отысканию и устранению повреждений необходимость в этом встречается, однако, редко.

Наиболее простым методом измерения активных сопротивлений на постоянном токе, несомненно, является метод вольтметра — амперметра. Принципиальная схема простого омметра, питаемого постоянным током, приведена на фиг. 1. При помощи переменного сопротивления R_0 можно перед

измерением произвести проверку нуля прибора, подгоняя для этого напряжение питания схемы при замкнутом ключе K ($R_x = 0$). Стрелка прибора должна тогда отклониться до максимума к делению, отмечаемому нулем. Это максимальное отклонение соответствует току I

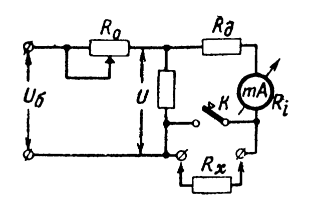
$$I = \frac{U}{R_\partial + R_i},$$

где R_∂ — добавочное ограничительное сопротивление;

R_i — внутреннее сопротивление стрелочного прибора.

Если теперь разомкнуть ключ K, то в цепь окажется включенным и испытываемое сопротивление R_x и стрелка прибора отклонится уже на меньший угол, соответствующий току

$$I_1 = \frac{U}{R_\partial + R_i + R_x}.$$



Фиг. 1. Принципиальная схема омметра на постоянном токе.

Наибольшая точность отсчета получится в середине шкалы, где отклонение измеренного значения от истинного не превышает $\pm 5\%$ *. К краям шкалы точность отсчета резко падает. Приняв допустимую ошибку измерения в $\pm 10\%$, можно в средней части шкалы воспользоваться участком для измерения сопротивлений, величины которых в одну сторону от середины шкалы в 10 раз выше, а в другую сторону — в 10 раз ниже, чем значение величины, соответствующей середине шкалы.

С тремя поддиапазонами можно при таком методе измерять сопротивления от единиц омов до многих мегомов. Согласившись использовать и края шкалы, можно с ошибкой $\pm 50\%$ измерять сопротивления от $5 \div 20$ *ом* до $20 \div 100$ *мгом*.

Расширение пределов измерений целесообразнее всего осуществить при помощи декадного делителя напряжения. На фиг. 2 приведена полная принципиальная схема омметра, в которой делитель образован тремя сопротивлениями: R_1, R_2 и R_3. Эти сопротивления (обычно проволочные)

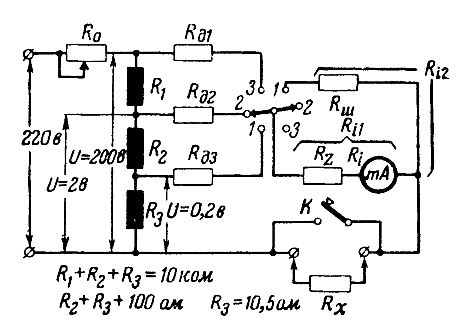
---

* Цифры, характеризующие точность измерений, как здесь, так и в дальнейшем изложении, основаны на опытном материале автора. — *Перев.*

должны быть тщательно изготовлены и подогнаны[1] с точностью $\pm 1\%$ до следующих значений:

$$R_1 = 9{,}9 \textit{ ком}; \quad R_2 = 89{,}5 \textit{ ом} \quad \text{и} \quad R_3 = 10{,}5 \textit{ ом}.$$

Питание омметра осуществляется от сети через выпрямитель напряжением 220 *в*. Напряжение питания стабилизируется газовым или феррорезонансным стабилизатором. При выбранных сопротивлениях делителя измерение сопротивлений на первом поддиапазоне производится при напряжении 0,2 *в*, на втором — при 2 *в* и на третьем — при 200 *в*. При помощи реостата R_0, сопротивление которого должно быть равно примерно 20% суммарного сопротивления делителя (т. е. около 2 000 *ом*), можно осуществить регулировку напряжения, питающего измерительную схему, в пределах $\pm 10\%$. При выбранных значениях напряжения питания и сопротивления делителя ток через него равен 20 *ма*.



Фиг. 2. Схема омметра постоянного тока на три поддиапазона.

Выбрав достаточно чувствительный миллиамперметр, например такой, полное отклонение стрелки которого соответствует току 0,1 *ма*, можно в соответствии со схемой фиг. 2 построить омметр с тремя поддиапазонами, обеспечивающими возможность измерения сопротивлений со следующей точностью:

В первом поддиапазоне на правом краю шкалы сопротивления 5—20 *ом* с ошибкой $\pm 50\%$, далее в средней части от 20 *ом* до 20 *ком* с ошибкой не более $\pm 10\%$ и, наконец, на левом краю шкалы 2—10 *ком* с ошибкой $\pm 50\%$.

Во втором поддиапазоне соответственно: 0,5—4 *ком* с ошибкой $\pm 50\%$; 2—200 *ком* с ошибкой $\pm 8\%$ и от 200 *ком* до 1 *мгом* с ошибкой $\pm 50\%$.

В третьем поддиапазоне: 50—200 *ком* с ошибкой $\pm 50\%$, от 200 *ком* до 2 *мгом* с ошибкой $\pm 8\%$ и 20—100 *мгом* с ошибкой $\pm 50\%$.

---

[1] На схеме фиг. 2 и последующих заштрихованное сопротивление означает повышенные требования к точности его изготовления или подгонки его величины. — *Перев.*

Таким образом, с ошибкой, не превосходящей $\pm 10\%$, могут быть измерены наиболее часто встречающиеся в практике ремонта радиоприемников сопротивления от 20 *ом* до 2 *мгом*. В то же время с меньшей точностью, но все же достаточной для определения порядка величины (что тоже часто требуется на практике) можно измерить сопротивления от 5 *ом* до 100 *мгом*.

Дополнительные ограничительные сопротивления $R_{\partial 1}$, $R_{\partial 2}$ и $R_{\partial 3}$ можно подсчитать для выбранной чувствительности миллиамперметра и напряжения питания следующим образом:

$$R_{\partial 1} = (2 \text{ мгом} - R_{i1}) = 2 \text{ мгом}.$$

Под R_{i1} понимается сумма внутреннего сопротивления миллиамперметра R_i и последовательно соединенного с ним добавочного сопротивления R_z. Сопротивление R_z необходимо для того, чтобы при подключении шунта $R_ш$ к чувствительному миллиамперметру (на первом поддиапазоне) успокоение стрелки не было слишком большим. Такой случай может иметь место, когда сопротивление шунта значительно меньше внутреннего сопротивления прибора. В этом случае целесообразно искусственно увеличить внутреннее сопротивление прибора, чтобы исключить закорачивание индуктивности вращающейся рамки прибора, что приводит обычно к чрезмерному замедлению хода стрелки при измерениях.

Добавочное сопротивление $R_{\partial 2}$ равно $(20\,000 - R_i)$, а добавочное сопротивление $R_{\partial 3} = 200 - (R_{i2} + R_3)$, где под R_{i2} понимается суммарное сопротивление R_{i1} и шунта $R_ш$.

В первом поддиапазоне сопротивление шунта $R_ш$ выбирается таким, чтобы полное отклонение стрелки миллиамперметра происходило при $I = 1$ *ма*. Внутреннее сопротивление источника питания при $U = 0{,}2$ *в* равно 10,5 *ом*. Нагрузка при $R_x = 0$ (ключ K замкнут) равна 200 *ом*, поэтому напряжение питания при изменении R_x от нуля до бесконечности меняется на 5%. Можно еще уменьшить зависимость напряжения питания от нагрузки, если суммарное сопротивление делителя уменьшить до 5 *ком* (вместо 10 *ком*). Это позволит уменьшить внутреннее сопротивление источника на первом поддиапазоне до 5 *ом*, но в то же время приведет к увеличению тока через делитель с 20 до 40 *ма*.

Рассмотренная схема омметра позволяет в первом поддиапазоне измерять сопротивления проводов, а в третьем — сопротивление изоляции. Применение для третьего поддиапазона относительно высокого напряжения (200 *в*) имеет то достоинство, что наличие утечек во многих случаях (например, мостики из пыли в переменных конденсаторах) может быть обнаружено только при высоких напряжениях.

2. ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛНЫХ И РЕАКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Определение емкостей отдельных конденсаторов и индуктивностей катушек, если они не включены в колебательные контуры, можно выполнить довольно просто измерением их реактивных сопротивлений. Наиболее простым методом измерения реактивных сопротивлений является метод вольтметра — амперметра. В этом случае отпадает необходимость в наборе эталонных емкостей и индуктивностей.

Для измерения по способу вольтметра—амперметра требуется источник переменного напряжения фиксированной частоты.

Следует уточнить, что при измерениях сопротивлений катушек и конденсаторов фактически измеряется не чисто реактивное сопротивление этих объектов, а полное сопротивление цепи. Следовательно, можно формулировать задачу таким образом: требуется создать измеритель полных сопротивлений в диапазоне от 1 *ом* до 1 *мгом*, градуировку которого надо осуществить так, чтобы можно было производить непосредственно отсчеты L, C и Z. Как известно, полное сопротивление цепи, состоящей из последовательно соединенных емкости, индуктивности и сопротивления, выражается формулой

$$Z=\sqrt{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2+R^2}$$

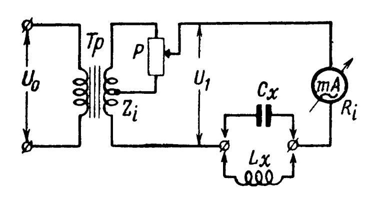
и представляет собой разность индуктивного и емкостного реактивных сопротивлений, геометрически сложенную с активным сопротивлением, в частности с сопротивлением потерь.

Поскольку активные сопротивления конденсаторов и катушек в диапазоне рабочих частот настолько малы по сравнению с их полным сопротивлением, что ими можно пренебречь, можно считать, что полные сопротивления конденсаторов и катушек с точностью до нескольких процентов равны

реактивным сопротивлениям этих объектов. Рассуждения эти справедливы до тех пор, пока в процессе измерений не вносится сколько-нибудь значительное дополнительное активное сопротивление.

Из этого следует, что можно изготовить измеритель полных сопротивлений, который (исходя из принятого условия, что $Z \approx X_C$ или соответственно $Z \approx X_L$) можно будет использовать для непосредственного измерения индуктивностей и емкостей, отградуировав с этой целью его шкалу в генри и фарадах.

На фиг. 3 представлена в простейшем виде принципиальная схема измерителя полных сопротивлений. Через трансформатор *Тр* схема питается переменным напряжением от генератора фиксированной частоты (например, 800 *гц*). При помощи потенциометра *P*, подключенного к части вторичной обмотки трансформатора *Тр*, можно перед измерением проверить градуировку прибора (установку нуля) подбором измерительного напряжения U_1. Индикатором служит чувствительный миллиамперметр переменного тока, в качестве которого может быть использован тот же стрелочный прибор, который был применен для описанного выше омметра постоянного тока, но соединенный через выпрямитель.



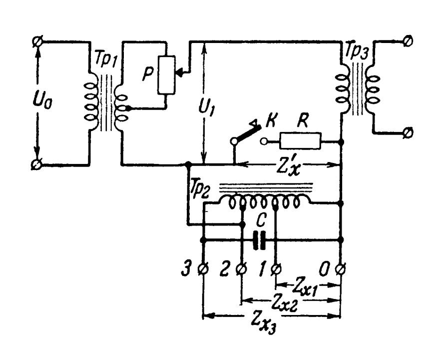
Фиг. 3. Принципиальная схема измерителя полных сопротивлений.

Максимальное отклонение стрелки прибора в измерителе полных сопротивлений не будет обозначать $Z_x = 0$, как это имело место в омметре постоянного тока при $R_x = 0$. Начальный отсчет соответствует некоторому небольшому значению Z_x.

Внутреннее сопротивление измерителя должно быть мало по сравнению с сопротивлением измеряемого объекта Z_x и во всяком случае на всех диапазонах должно составлять не более $^1/_{10} \div {}^1/_{20}$ сопротивления Z_x. На разных поддиапазонах имеет место разная нагрузка источника напряжения (особенно большая на первом поддиапазоне, т. е. при малых Z_x). Так как внутреннее сопротивление источника соединено последовательно с измеряемым сопротивлением и складывается с ним геометрически, то

чтобы результаты измерений на всех поддиапазонах были достаточно верны, необходимо, чтобы оно было по возможности мало.

Очевидно, что легче всего выполнить поставленные условия на одном каком-нибудь поддиапазоне. Поэтому необходимо предусмотреть в схеме согласующий элемент, который позволил бы подсоединить к себе любое измеряемое сопротивление так, чтобы при этом не очень изменялось подобранное соотношение нагрузочного и внутреннего сопротивлений. Такая схема показана на фиг. 4 и представляет собой развитие принципиальной схемы измерителя фиг. 3. В качестве согласующего элемента используется автотрансформатор Tp_2 с отводами, рассчитанными таким образом, чтобы на всех трех поддиапазонах благодаря разным коэффициентам трансформации n пересчитанное в цепь измерителя сопротивление Z'_x не изменялось в больших пределах. Соотношение между Z'_x и Z_x может быть представлено следующей формулой:



Фиг. 4. Схема измерителя полных сопротивлений с согласующим автотрансформатором.

$$Z_x = Z'_x \cdot n^2.$$

Кроме согласующего автотрансформатора, в схеме фиг. 4 предусмотрен еще трансформатор тока Tp_3 для включения электроизмерительного прибора. Данные обмоток этого трансформатора определяются чувствительностью прибора, который решено применить в этой установке.

Если считать, что генератор звуковой частоты создаст на зажимах измерительного трансформатора Tp_2 напряжение 10 *в*, то для сопротивлений Z'_x 0,1 — 1 *мгом* максимальный ток в первичной обмотке Tp_3 будет равен:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{10^5} = 0{,}1 \ \text{ма}.$$

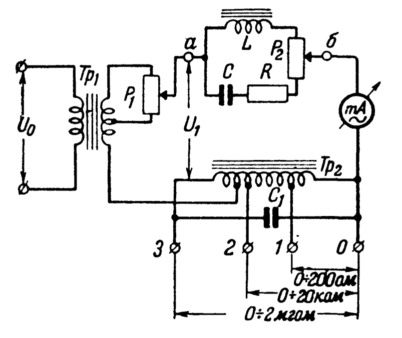
Внутренним сопротивлением измерительной схемы Z_i (около 8 000 *ом*) можно пренебречь, так как для геомет-

рической середины шкалы в этом диапазоне (т. е. для 0,3 *мгом*) оно составляет только 2,5% измеряемого.

Для уменьшения рассеяния измерительного автотрансформатора рекомендуется брать сердечник большого сечения, с тем чтобы уменьшить коэффициент заполнения окна.

Измерительный автотрансформатор $Тр_2$ шунтирован емкостью C такой величины, чтобы образовать контур, настроенный в резонанс на частоту питающего напряжения.

Предусмотренный в схеме потенциометр P подключен к части вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$, чтобы не увеличивать значительно внутреннего сопротивления устройства. Потенциометр P позволяет производить регулировку напряжения, питающего схему, на $\pm 10\%$. Можно осуществить регулировку измерительного напряжения при помощи специальной лампы на выходе генератора низкой частоты. Такой способ регулировки позволяет поддерживать внутреннее сопротивление измерителя неизменным.



Фиг. 5. Схема измерителя полных сопротивлений с фазорегулируемым ограничительным сопротивлением.

Опасность перегрузки при коротком замыкании в соединительных проводах или измеряемом объекте привела к разработке ряда новых вариантов этой основной схемы.

Хорошим решением было бы применение, как и у омметра постоянного тока, ограничительных сопротивлений, но в данном случае таких, чтобы их фазовый угол можно было бы согласовать с измеряемым объектом, не изменяя значительно его полного сопротивления.

На фиг. 5 контур L, C, P_2 представляет собой фазовращающее устройство, у которого реактивные сопротивления X_L и X_C равны между собой:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}.$$

Активное сопротивление плеча L компенсируется в плече C при помощи сопротивления R, включенного последовательно с емкостью C. Можно так подобрать отношение реактивного сопротивления к сопротивлению потенциометра P_2,

что полное сопротивление схемы между точками *а* и *б* практически не будет зависеть от положения движка потенциометра P_2. В этом случае изменяется только его характер: в одном крайнем положении оно будет индуктивным, а в другом — емкостным.

Сопротивление потерь в плечах L и C должно составлять не более 10% величины их реактивных сопротивлений. В этом случае колебания полного сопротивления при любом положении движка потенциометра не превосходят $\pm 2\%$, а фазовый угол регулируется в пределах $\pm 70°$.

При коротких замыканиях измерительных зажимов ток в цепи увеличивается только на 20—30%, поэтому целесообразно отметку на шкале миллиамперметра, соответствующую нулевому значению полного сопротивления, сделать на делении, которое отвечает углу отклонения стрелки, на 10% меньшему, чем полное отклонение ее. Это облегчит настройку.

Для питания измерительной схемы (фиг. 5) требуется напряжение $U_1 = 20—25$ *в*. Если выбрать результирующее полное сопротивление фазовращателя около 20 *ком*, то при коротком замыкании измерительных зажимов автотрансформатора Tp_2 в цепи протекает ток около 1 *ма*.

Значения величин C и L зависят от выбранной частоты питающего напряжения и реактивные сопротивления их должны быть равны 20 250 *ом*, откуда

$$C\ (мкф) = \frac{10^6}{\omega \cdot 20\,250} \approx \frac{7{,}8}{f};$$

$$L\ (гн) = \frac{20\,250}{\omega} \approx \frac{3\,210}{f}.$$

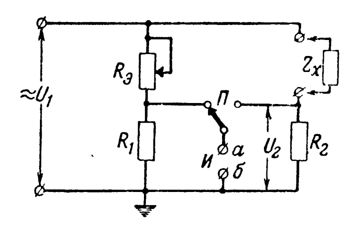
Для 800 *гц* $C \approx 0{,}01$ *мкф* и $L \approx 4$ *гн*.

Если измеритель должен работать и при напряжении с частотой 50 *гц*, то следует при помощи переключателя заменить емкость C и индуктивность L. В этом случае $C \approx \approx 0{,}156$ *мкф* и $L \approx 65$ *гн*.

Шкала измерителя полных сопротивлений имеет градуировку, совпадающую с градуировкой омметра постоянного тока по схеме фиг. 2 для случая, когда его добавочные сопротивления равны соответственно 200 *ом*, 20 *ком* и 2 *мгом*; отсюда следует, что для обоих устройств можно воспользоваться одним и тем же стрелочным прибором и одной шкалой.

Другой вариант измерителя реактивных и полных сопротивлений, для которого не требуется стрелочного измери-

тельного прибора, показан на схемах фиг. 6 и 7; в данном случае используется метод замещения. По этому методу измеряемое сопротивление сравнивается с эталонным. В качестве индикатора *И* может быть применен электронно-оптический индикатор настройки, при помощи которого производится сравнение токов, протекающих через измеряемое и эталонное сопротивления.



Фиг. 6. Схема измерителя полных сопротивлений с двойным делителем напряжения.
И — электронно-оптический индикатор настройки.

Фиг. 7. Вариант схемы измерителя полных сопротивлений с двойным делителем напряжения по фиг. 6.

Основные соотношения, определяющие работу схемы фиг. 6 при условии, что $R_2 \leq \frac{Z_x}{10}$ можно представить следующим образом:

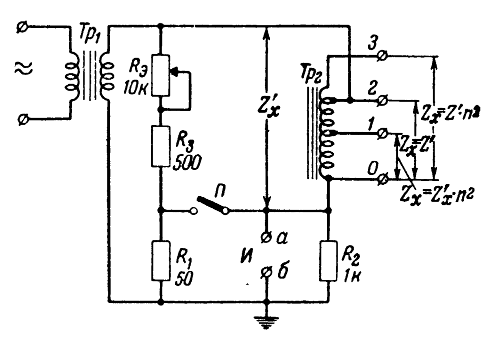
$$\frac{U_2}{U_1} \approx \frac{R_2}{Z_x} \approx \frac{R_1}{R_э + R_1},$$

откуда

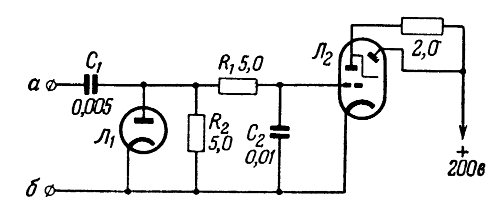
$$Z_x = \frac{R_2}{R_1}(R_э + R_1).$$

Приведенная на фиг. 7 схема включения индикатора разрешает производить сравнение измеряемого и эталонного сопротивлений с большей точностью. Если обе стороны моста находятся в равновесии, то при замыкании ключа *К* «глазок» индикатора не мигает, что значительно облегчает сравнение сопротивлений. И в этом случае рекомендуется применить согласующий автотрансформатор $Тр_2$, для того чтобы отношение измеряемого сопротивления к внутреннему сопротивлению оставалось достаточно постоянным в широком диапазоне измерений. Такая схема измерителя полных сопротивлений показана на фиг. 8. Индикатор настройки может быть собран по схеме фиг. 9 и подключен к схеме

измерителя в точках *а* и *б*. Эта схема индикатора обеспечивает достаточную чувствительность прибора даже при измерениях высокоомных сопротивлений.



Фиг. 8. Расширение диапазонов измерений схемы фиг. 7 при помощи согласующего автотрансформатора.



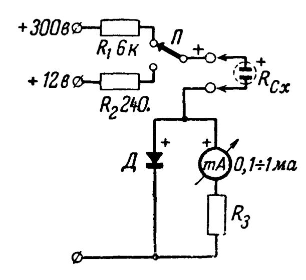
Фиг. 9. Схема электронно-оптического индикатора настройки с диодом для включения в гнезда *а* и *б* схемы фиг. 8.

3. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКОВ УТЕЧКИ

При испытании электролитических конденсаторов приходится измерять не только их емкость, но и ток утечки. Для этой цели приспособить комбинированный прибор трудно, так как такие измерения необходимо производить при рабочем напряжении конденсатора и, следовательно, комбинированный прибор должен был бы давать возможность каждый раз устанавливать необходимое напряжение источника питания (в довольно широких пределах). Кроме того, измерение тока утечки электролитического конденсатора надо, как правило, производить в два этапа. В начале, для того чтобы убедиться в отсутствии короткого замыкания в конденсаторе, надо при измерении зашунтировать стрелочный прибор достаточно малым сопротивлением и, кроме того, предусмот-

реть ограничительное сопротивление в цепи питания. Если конденсатор исправен, то после включения его в измерительную схему ток через конденсатор начнет постепенно уменьшаться и для измерения тока утечки понадобится перевести схему в режим большей чувствительности.

Для измерений тока утечки электролитических конденсаторов можно рекомендовать схему, изображенную на фиг. 10. Используемые в радиоаппаратуре электролитические конденсаторы рассчитаны для работы на напряжениях 8, 12, 20, 30, 50, 150, 300, 400 и 450 *в*. Чтобы не усложнять принципиальной схемы, на ней приведены данные только для двух рабочих напряжений: 300 и 12 *в*. Практически можно выполнить схему и без переключателя *П*; для этого параллельно стрелочному прибору подключается полупроводниковый диод (селеновый или купроксный), который работает здесь в качестве саморегулирующего сопротивления. Шкала прибора при этом получается логарифмической. Величину ограничительных сопротивлений R_1, R_2,..., R_n можно подсчитать по формуле



Фиг. 10. Схема измерителя тока утечки электролитических конденсаторов для двух рабочих напряжений.

$$R_{огр} = \frac{U}{I_{макс}}.$$

Очевидно, что примененный в схеме диод должен быть рассчитан на пропускание $I_{макс}$.

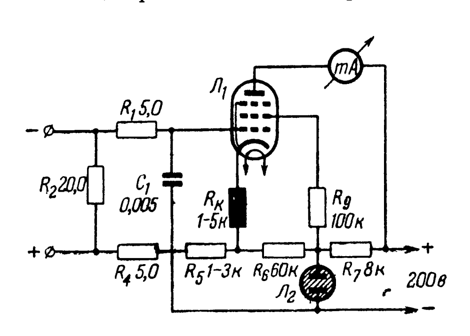
В одной из выполненных моделей, данные которой приведены на фиг. 10, максимальный ток был выбран равным 50 *ма*; при этом ток утечки 1 *ма* вызывал отклонение стрелки на $^1/_4$ шкалы.

4. ЛАМПОВЫЙ ВОЛЬТМЕТР

Использование стрелочных приборов для непосредственного измерения напряжений в радиоаппаратуре ограничивается внутренним сопротивлением приборов и потребляемой ими мощностью. Практической границей является 100 000 *ом/в*; такое сопротивление может обеспечить прибор, дающий отклонение стрелки на всю шкалу при токе 10 *мка*. При измерениях напряжения в цепях сеток даже такой чувствительный прибор вносит все же слишком большую

ошибку. В самом деле, если считать достаточным прибор с минимальным пределом измерений 5 *в*, то нагрузка, вносимая этим прибором, составит 500 *ком*, а это означает, что при измерениях в цепи сетки, содержащей, например, сопротивление 1 *мгом*, ошибка составит 66%.

Чтобы иметь возможность измерять напряжение в высокоомных цепях, нужно, чтобы нагрузка, вносимая в цепь измерительным прибором, не превосходила нескольких процентов. Если считать достаточной точность измерений 10%, то для измерений в цепях, содержащих сопротивления 1—2 *мгом,* пришлось бы потребовать, чтобы входное сопротивление измерительного прибора было не менее 10÷20 *мгом*. Такому требованию может удовлетворить только ламповое устройство, входное сопротивление которого может быть сделано еще значительно бо́льшим.



Фиг. 11. Схема лампового вольтметра постоянного тока для измерения напряжений в пределах 0 ÷ 40 *в*.

Чтобы не усложнять конструкции прибора, ограничимся требованием 20 *мгом*, достаточным для большинства практических потребностей.

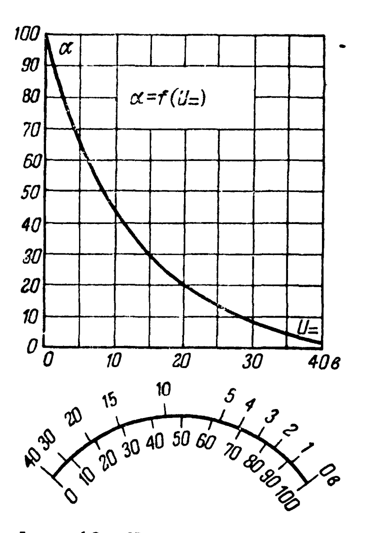
Схема с компенсацией анодного тока позволяет построить весьма чувствительное устройство, которое будет иметь, однако, малый диапазон измеряемых напряжений. Для измерения напряжений до 50 *в* пришлось бы усложнить схему установкой переключателя поддиапазонов.

Если допустить использование логарифмической, а не линейной шкалы, то можно было бы избежать применения переключателя поддиапазонов. На фиг. 11 представлена схема простейшего лампового вольтметра для диапазона до 40 *в* с логарифмической шкалой, растянутой при малых значениях напряжения и сжатой — при больших. Это дает возможность получить одинаковую относительную погрешность измерений по всей шкале. Кривая градуировки вольтметра и его шкала показаны на фиг. 12.

Как видно из кривой градуировки (фиг. 12), диапазон 0—10 *в* занимает правую половину шкалы, а 10—40 *в* — левую.

Применение пентода требует стабилизации напряжения питания экранной сетки, для чего пригоден газонаполненный стабилизатор напряжения на 140 *в* со средним значением тока 6—10 *ма*. Напряжение смещения на управляющей сетке и величину сопротивления в катоде $R_к$ подбирают такими, чтобы стрелочный прибор, включенный в анодную цепь, давал полное отклонение при 1 *ма*.

Достоинством прибора является то, что при высоких измеряемых напряжениях лампа не перегружается: она оказывается запертой, и следовательно, отсутствует опасность повредить стрелочный прибор. Недостатком прибора следует признать то обстоятельство, что для работы прибора не безразличен выбор типа лампы. Наиболее пригодной оказалась лампа типа RENS 1294 *.



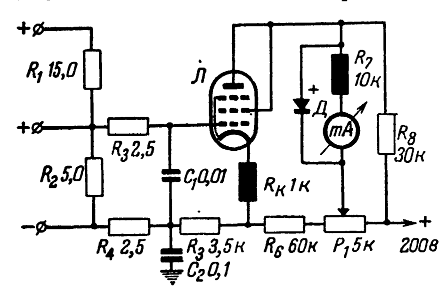
Фиг. 12. Кривая градуировки и шкала лампового вольтметра по схеме фиг. 11.

Если такой ламповый вольтметр изготовить как отдельный прибор, то можно упростить конструкцию, отказавшись от выпрямителя, и питать лампу переменным током от сети через соответствующий трансформатор.

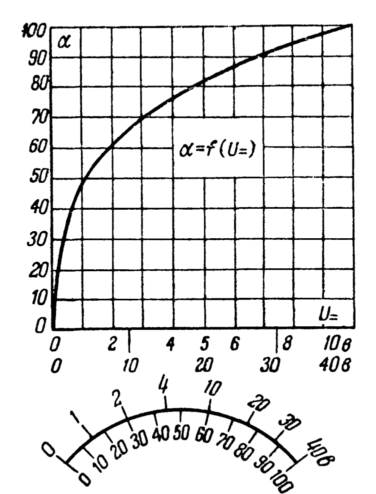
В комбинации с другими приборами целесообразнее выбрать схему лампового вольтметра, приведенную на фиг. 13. Пентод EF12, примененный в этой схеме, работает в режиме триода. В анодной цепи лампы используется чувствительный миллиамперметр на 0,1 *ма*. Анодный ток, текущий через миллиамперметр, компенсируется. Точная установка на нуль достигается при помощи потенциометра P_1 на 5 *ком*. Автоматическое ограничение тока через стрелочный прибор осуществляется купроксным выпрямителем *Д* на 10 *ма*, что предопределяет значительную кривизну кривой градуировки (фиг. 14). На первом поддиапазоне (0—10 *в*) отклонение стрелки на 45° соответствует 1,5 *в*. Следовательно, вольтметр достаточно чувствителен, что позволяет исполь-

* Данные этой и других ламп, использованных автором, приведены в приложении 2.

зовать его при резонансных измерениях. Форма кривой градуировки, показанная на фиг. 14, получена при сопротивлении $R_7 = 10$ *ком*. Если уменьшить величину этого сопротивления, то диапазон измерений уменьшается и точка перегиба кривой смещается вправо. Если удалить это сопротивление вовсе и взять стрелочный прибор с малым внутренним сопротивлением, то можно получить почти линейную шкалу. Как видно будет из описания окончательного варианта схемы лампового вольтметра для комбинированных устройств (фиг. 15), целесообразно предусмотреть в схеме вольтметра выключение ограничителя тока. Это дает возможность получить линейную шкалу и использовать прибор при измерениях, требующих большой точности.



Фиг. 13. Схема лампового вольтметра постоянного тока с компенсацией анодного тока на два диапазона измеряемых напряжений: 0—10 *в* и 0—40 *в*.



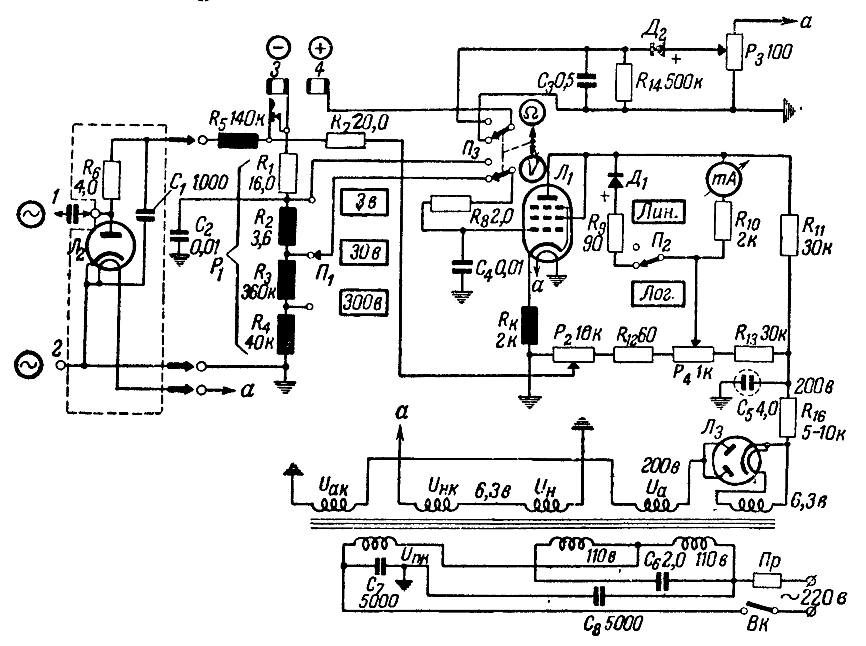
Фиг. 14. Кривая градуировки и шкала лампового вольтметра по схеме фиг. 13.

Следует помнить, что купроксные выпрямители обладают большой зависимостью от температуры, поэтому рекомендуется располагать их под шасси в достаточном удалении от силового трансформатора и других нагревающихся деталей.

Сравнительно простая схема вольтметра, приведенная на фиг. 13, обладает рядом недостатков; она не позволяет измерять переменные напряжения, не исключает опасности перегрузки лампы при относительно высоких измеряемых напряжениях.

На практике наиболее целесообразной для применения в комбинированных приборах оказалась схема лампового

вольтметра, изображенная на фиг. 15. В этой схеме основная лампа $Л_1$—пентод EF12 — работает в режиме триода и служит усилителем постоянного тока. Лампа $Л_2$—диод (EA50 или SA100) — служит выпрямителем при измерении переменных напряжений. Выпрямленное напряжение подается к усилителю постоянного тока таким образом, что при увеличении измеряемого напряжения увеличивается отрицательное напряжение на сетке $Л_1$. Это исключает опасность



Фиг. 15. Схема лампового вольтметра постоянного и переменного тока с линейной и логарифмической шкалами, включающая также измеритель изоляции.

перегрузки лампы при высоких измеряемых напряжениях. Большинство современных диодов можно использовать при эффективных напряжениях до 200 *в*. За исключением начального криволинейного участка характеристики (до 3 *в*), выпрямленный диодом ток пропорционален входному переменному напряжению; этот ток создает на делителе P_1 падение напряжения, пропорциональное отношению сопротивлений в плечах делителя. Схема вольтметра фиг. 15 позволяет в широком диапазоне частот получать показания, не зависящие от частоты измеряемого напряжения.

Переключатель диапазонов — общий для постоянного и переменного тока. Но выпрямленное диодом напряжение пропорционально амплитудному значению измеряемого переменного напряжения; поэтому, для того чтобы можно было использовать одну и ту же шкалу для измерений на постоянном и переменном токе, необходимо выпрямленное напряжение, подаваемое на делитель P_1, предварительно уменьшить в $\sqrt{2}$ раз; тогда оно будет соответствовать эффективному значению измеряемого напряжения $\frac{U_{пик}}{\sqrt{2}}$. С этой целью в цепь выпрямляемого тока включаются последовательно сопротивления R_5 и R_6. Очевидно, однако, что такое решение пригодно только для напряжений синусоидальной формы.

На первом поддиапазоне предусмотрена компенсация анодного тока (коррекция нуля), которая осуществляется при помощи потенциометра P_2, включенного последовательно с сопротивлением $R_7 = 20$ *мгом.*

При измерениях постоянных напряжений (гнезда *3* и *4*) цепь компенсации автоматически отключается.

Ограничитель тока выполнен по схеме фиг. 13; форму градуировочной кривой можно отрегулировать подбором сопротивлений R_9 и R_{10}.

Переключатель рода работы $П_2$ позволяет включать ограничитель («логарифмическая шкала») либо работать без него («линейная шкала»).

Переключатель $П_3$ дает возможность использовать устройство для измерений сопротивления изоляции до 1 000 *мгом.* Измеряемая цепь подключается к гнездам *3* и *4*. Напряжение питания измерителя изоляции берется от накальной обмотки (6,3 *в*) силового трансформатора. Часть этого напряжения снимается с потенциометра P_3, выпрямляется полупроводниковым диодом $Д_2$, фильтруется и подается к гнездам *3* и *4*. Выпрямленный ток, проходящий через измеряемое сопротивление и делитель, создает на последнем падение напряжения, измеряемое ламповым вольтметром. Середина шкалы прибора соответствует сопротивлению 20 *мгом.*

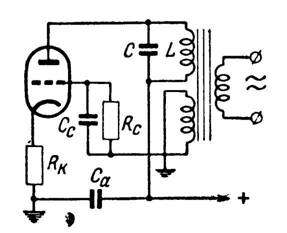
Для переключения пределов измерений (3/30/300 *в*) требуется переключатель ($П_1$) на три направления.

Логарифмическая шкала применяется только на поддиапазонах $0 \div 30$ и $0 \div 300$ *в.*

Диодная часть прибора (на фиг. 15 показана в пунктирной рамке) должна быть оформлена в виде выносного пробника, как это подробнее описано ниже (см. стр. 82). Описание блока питания приведено на стр. 68.

5. ГЕНЕРАТОР НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Генератор низкой частоты относится к числу весьма необходимых приборов в арсенале средств для обнаружения неисправностей в радиоаппаратуре. Он входит в качестве составного элемента во многие комбинированные устройства, и в зависимости от назначения к генератору предъявляются различные технические требования. Основные применения генератора низкой частоты в ремонтной практике можно разбить на пять групп:



Фиг. 16. Простейший генератор низкой частоты с колебательным контуром на фиксированную частоту.

1. Для простейших проверок работоспособности усилителей низкой частоты.

2. В качестве источника напряжения при измерениях полных сопротивлений.

3. В качестве источника модулирующего напряжения для генераторов высокой частоты.

4. Для испытания громкоговорителей, имеющихся в радиоприемниках.

5. Для обнаружения искажений низкочастотного тракта радиоаппаратуры при помощи электроннолучевого осциллографа.

Для первых трех групп достаточно иметь генератор на одну фиксированную частоту. Последние две группы требуют уже диапазонного генератора.

Для грубых испытаний первой группы пригодна любая частота звукового диапазона. Для измерений полных сопротивлений наиболее целесообразно применение частоты 800 или 1 000 *гц*; для модуляции высокочастотных генераторов обычно используется частота 400 *гц*.

Первые три группы испытаний могут быть выполнены при помощи простейшего лампового генератора, схема которого приведена на фиг. 16. Частота генератора определяется выражением

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}},$$

где L — индуктивность;

C — емкость колебательного контура в анодной цепи лампы

(L — в генри, C — в фарадах, f — в герцах).

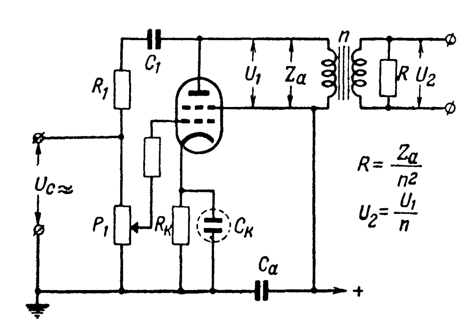
Условие самовозбуждения выполняется, если

$$k = \frac{1}{K},$$

где k — коэффициент связи;

K — усиление без обратной связи.

Если принять необходимые меры, а именно: применить катушки индуктивности с возможно меньшими потерями, создать надлежащий сдвиг фазы напряжения обратной связи, применить большую емкость в колебательном контуре и пр., то постоянство частоты этого простейшего генератора будет достаточным даже для применения его в измерителе полных сопротивлений, хотя частота и зависит все же от нагрузки. При активной нагрузке затухание, вносимое в контур, невелико. Если нагрузка имеет индуктивный характер, то она уменьшает индуктивность контура, а если емкостной — то увеличивает емкость и, следовательно, изменяет частоту генератора и вносит ошибку в результаты измерения полных сопротивлений.

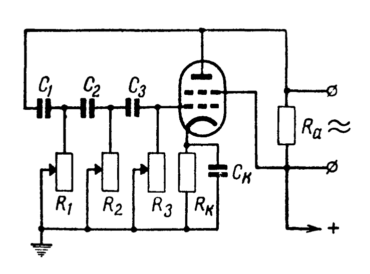


Фиг. 17. Схема усилительного каскада для генератора низкой частоты.

Чтобы уменьшить влияние нагрузки, целесообразно включить между генератором и нагрузкой усилительный каскад, принципиальная схема которого приведена на фиг. 17. Если в этом каскаде используется мощная лампа, то выходное напряжение будет достаточным даже при очень малом выходном сопротивлении (особенно при трансформаторном выходе).

Предусмотренная в схеме усилительного каскада регулировка P_1 в цепи сетки имеет то достоинство, что она не влияет на величину выходного сопротивления.

Важным требованием, предъявляемым к генератору низкой частоты, является требование малых нелинейных искажений. Наличие гармоник вносит ошибки при измерениях полных сопротивлений и особенно при измерениях емкостей. Хотя генератор по схеме фиг. 16 дает почти синусоидальное напряжение, все же рекомендуется включить на выходе усилительного каскада фильтр высших гармоник. Если усилительный каскад не перегружен (подводимое к сетке напряжение мало), то иногда достаточно для уменьшения нелинейных искажений применить противосвязь, образованную цепочкой R_1, C_1. При этом следует выбирать емкость C_1 настолько большой, чтобы ее реактивное сопротивление составляло только несколько процентов R_1.



Фиг. 18. Диапазонный RC-генератор низкой частоты.

Что касается выбора схемы генератора с плавным диапазоном частот для испытаний, предусмотренных группами 4 и 5, то от использования метода биений приходится сразу отказаться, так как конструкции таких генераторов сложны и стоимость их высока.

Наиболее просты и в то же время обладают достаточно высокими качественными показателями генераторы на RC, работу которых рассмотрим на примере схемы фиг. 18. Если

$$R_1C_1 = R_2C_2 = R_3C_3 = RC,$$

то

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}} \approx \frac{1}{15\sqrt{RC}}.$$

Каждый из трех делителей RC осуществляет сдвиг фазы на 60°. Общий сдвиг фаз между напряжениями на аноде и сетке будет иметь нужную для самовозбуждения величину $\varphi = 180°$. Изменение частоты в достаточно широких пределах производится посредством изменения величин R и C. На практике обычно плавное изменение частоты выполняется одновременным плавным изменением всех трех сопротивлений (R_1, R_2 и R_3), а переход с одного поддиапазона на другой — скачкообразным изменением емкостей C_1, C_2 и C_3.

Величину сопротивления R_a в цепи анода лампы нельзя, к сожалению, сильно уменьшить, так как коэффициент усиления схемы на пентоде определяется произведением SR_a, где S — крутизна. Поэтому, чтобы обеспечить все же достаточно малое выходное сопротивление прибора, рекомендуется добавить усилительный каскад, например по схеме фиг. 17. Для уменьшения нелинейных искажений используется автоматическая регулировка крутизны. Для такой регулировки была предложена схема, в которой регулирующее напряжение отбирается в цепи анода, выпрямляется полупроводниковым выпрямителем и после фильтрации подводится с отрицательным знаком к противодинатронной сетке лампы EF14. Изменение крутизны лампы происходит линейно с изменением величины регулирующего напряжения.

При переходе с одного поддиапазона на другой градуировка шкалы строенного потенциометра (R_1, R_2, R_3) * сохраняется и приходится лишь умножать ее показания на множитель, соответствующий тому или иному поддиапазону.

Требования к точности установки частоты невысоки. Точность $\pm 20\%$ достаточна во всех случаях ремонтной практики. Исключение должно быть сделано только для частоты 800 *гц*, которую нужно устанавливать с точностью $\pm 2\%$. Это вызывает необходимость некоторого конструктивного усложнения прибора.

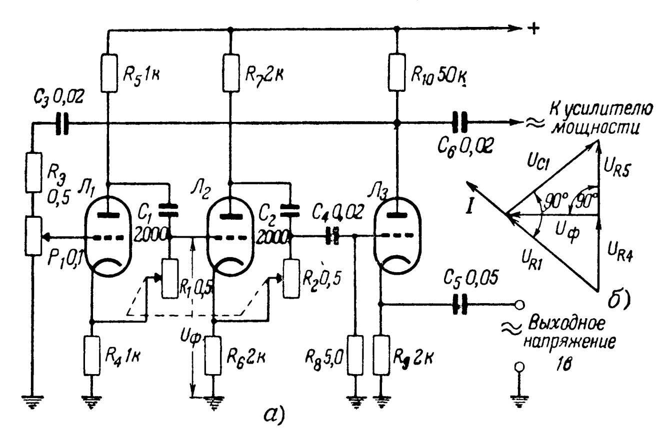
Другой вариант *RC*-генератора низкой частоты построен по схеме, в которой необходимый сдвиг фаз осуществляется в двух каскадах на триодах. Принципиальная схема этого генератора представлена на фиг. 19,*а*. В этой схеме были испытаны разные типы триодов, примерно с одинаковыми результатами. На выходе катодного повторителя ($Л_3$) можно получить напряжение 1 *в* на сопротивлении $R_9 = 2$ *ком*. Присоединив к генератору однокаскадный усилитель мощности (на лампе EL11), удавалось обеспечить выходное напряжение 50 *в* на сопротивлении 7 *ком*.

Обратная связь с анода $Л_3$ на сетку $Л_1$ осуществлена при помощи цепочки C_3, R_3, P_1. Сопротивления в аноде и катоде лампы $Л_1$ выбраны равной величины, так что между катодом и анодом создается симметричное по отношению к шасси переменное напряжение. Когда реак-

---

* Целесообразнее плавное изменение частоты по поддиапазону осуществить при помощи переменных конденсаторов, а изменение поддиапазонов — скачкообразным переключением постоянных сопротивлений, так как агрегаты переменных конденсаторов надежнее в эксплуатации. — *Перев.*

тивное сопротивление емкости C_1 равно по величине R_1, обеспечивается сдвиг фаз на 90°. Изменением величины R_1 удается выполнить это условие для достаточно широкого диапазона частот. Дальнейший сдвиг фаз еще на 90° осуществляется следующим каскадом на лампе $Л_2$. Фиг. 19,*б* дает векторную диаграмму напряжений на $Л_1$. Поскольку U_{k_4} и U_{R_6} равны между собой, так же как U_{C_1} и U_{R_1}, то U_a, перпендикулярное U_{R_4} и U_{R_6} (сдвиг фаз 90°), не зависит от частоты. Это означает, что выходное напря-



Фиг. 19.

а — схема *RC*-генератора с плавным диапазоном 100 — 10 000 *гц*; *б* — диаграмма напряжений первого каскада ($Л_1$) фазовращателя.

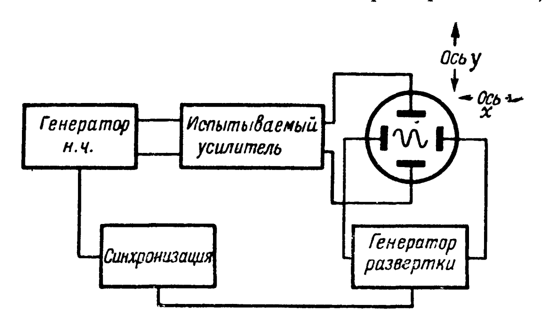
жение и коэффициент связи, установленные однажды при помощи P_1 (если источник питания стабилизирован), не меняются во всем диапазоне частот. При помощи потенциометра P_1 можно обеспечить выполнение условия самовозбуждения ($k=1/K$) и получить на выходе напряжение синусоидальной формы.

Сопротивления в аноде и катоде каждого каскада должны быть по возможности точно равны друг другу, чтобы обеспечить одинаковое падение напряжения на них. Во втором каскаде сопротивления (R_6 и R_7) взяты в 2 раза бóльшими, чем соответствующие им в первом каскаде (R_4 и R_5).

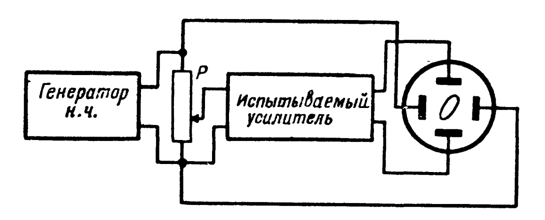
Переменные сопротивления R_1 и R_2, спаренные на одной оси, должны быть по возможности малоемкостными и иметь одинаковые кривые изменения сопротивления. Емкости C_1 и C_2 должны обладать малыми потерями (керамические конденсаторы).

6. ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Обнаружение искажений и проверка фона проще всего могут быть выполнены при помощи электроннолучевого осциллографа. Конечно, осциллограф может оказаться полезным и во многих других случаях ремонтной практики, например при измерениях резонансной частоты контуров, а также исследовании и обнаружении неисправностей в самой измерительной и испытательной аппаратуре. Речь, однако,



Фиг. 20. Блок-схема обычной осциллографической установки для испытания усилителей.

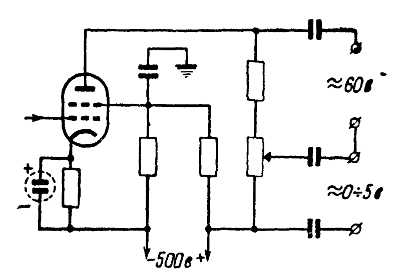


Фиг. 21. Блок-схема упрощенной осциллографической установки.

идет не о применении обычных сложных устройств. Для ремонтных работ достаточно удовлетворительные результаты дает использование весьма простых схем.

Блок-схема установки, обычно применяемой для исследования усилителей низкой частоты, представлена на фиг. 20. Характерной особенностью этой схемы является наличие блока развертки. Так как частота развертки синхронизирована с частотой испытательного генератора, то изображение на экране электроннолучевой трубки неподвижно, и это делает удобным наблюдение искажений формы кривой напряжения по всему диапазону частот. Такая схема, однако, сложна. Для управления ею требуется не менее трех ручек.

Значительно проще и удобнее в эксплуатации установка, позволяющая производить все необходимое в ремонтной практике испытания при помощи кривых Лиссажу. Блок-схема такой установки приведена на фиг. 21. Напряжение с выхода генератора низкой частоты одновременно подается на горизонтальные пластины (ось x) электроннолучевой трубки и на вход испытываемого усилителя (через потенциометр P). Напряжение с выхода испытываемого усилителя подводится к вертикальным пластинам трубки (ось y). Между напряжениями, подаваемыми на горизонтальные пластины трубки и на вход испытываемого усилителя, не должно быть сдвига фаз.



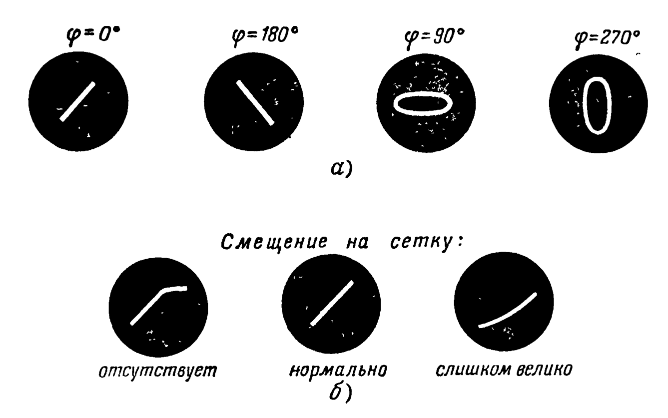
Фиг. 22. Схема выходного усилительного каскада генератора низкой частоты для осциллографической установки по фиг. 21.

Выходной каскад генератора низкой частоты, схема которого показана на фиг. 17, придется изменить для применения в описываемой установке, как показано на фиг. 22. В этом случае выходное сопротивление значительно выше, чем у схемы фиг. 17, но при испытаниях усилителей это не очень существенно. Для питания схемы фиг. 22 требуется более высокое анодное напряжение, чтобы компенсировать падение напряжения на нагрузочном сопротивлении. Так, например, при лампе EL11 нагрузочное сопротивление равно 7 *ком* и на нем падает около 250 *в*.

Расшифровка получающихся на экране электроннолучевой трубки изображений фигур Лиссажу достаточно проста. Если испытываемый усилитель построен на активных сопротивлениях, то в зависимости от числа каскадов выходное напряжение по отношению к входному имеет сдвиг фаз, равный нулю (совпадение фаз) либо 180°. В обоих случаях на экране трубки изображения будут иметь форму прямых линий (фиг. 23), различающихся только направлениями. При другом соотношении фаз прямые превращаются в эллипсы, которые при 90° располагаются параллельно, а при 270° — перпендикулярно горизонтальной оси. Если напряжения, подаваемые на горизонтальные и вертикальные отклоняющие пластины трубки, равны между собой, то эллипс превращается в круг (при условии, что чувствительность горизонтальной и вертикальной отклоняющих систем одинакова).

Как известно, качество воспроизведения звука не зависит от фазовой характеристики усилителя, и приведенная выше расшифровка имела целью только объяснить значение изображений на экране трубки.

Значительно более важное значение для практики ремонта радиовещательных приемников имеет определение элементов схемы, вносящих нелинейные искажения. Такой случай, например, может иметь место при пропадании смещения в каком-либо каскаде. Проверку нелинейных искажений



Фиг. 23. Вид фигур Лиссажу на экране электроннолучевой трубки.

а — при разных углах сдвига фаз; *б* — при нелинейных искажениях, обусловленных неправильным выбором смещения на сетку.

можно произвести на какой-либо определенной частоте, например 800 *гц*, однако при этом нельзя будет судить об искажениях во всем спектре.

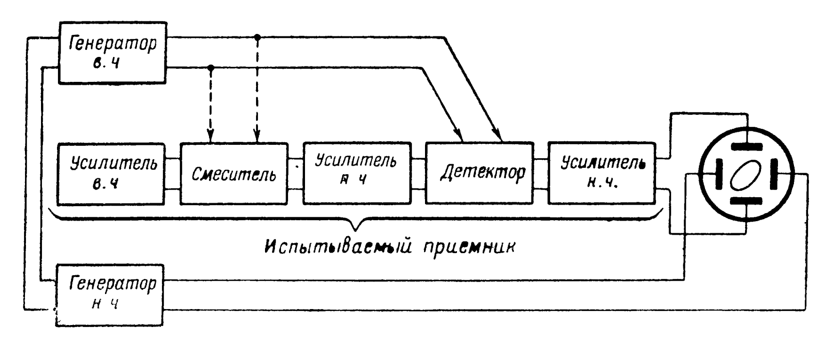
При помощи осциллографической установки можно определить наличие нелинейных искажений не только в усилителях низкой частоты, но и во всем приемнике, включая его высокочастотные каскады, смеситель и детектор.

Для этой цели собирается схема, приведенная на фиг. 24. Как и в предыдущем случае, напряжение с выхода звукового генератора подается на горизонтально отклоняющие пластины трубки. Это же напряжение служит для модуляции испытательного генератора высокой частоты. Промодулированное напряжение с выхода генератора высокой частоты подается на входы отдельных каскадов высокой частоты, смесителя и детектора проверяемого приемника. Напряжение с последнего каскада усилителя низкой частоты при-

емника поступает на вертикально отклоняющие пластины трубки. Поиски каскада, вносящего искажения, рекомендуется начинать с детектора, затем перейти к каскадам усиления промежуточной частоты, далее — к смесителю и, наконец, — к каскадам высокой частоты до входных антенных гнезд. Другие методы обнаружения нелинейных искажений в настоящей книге не обсуждаются.

Для обнаружения источника фона в простейших случаях нет нужды пользоваться осциллографом, однако в сложных случаях, когда нужно установить, где возникает фон, осциллограф оказывается весьма полезным.

Надо, например, выяснить, имеет ли место воздействие сетевого напряжения на усилитель высокой частоты (моду-



Фиг. 24. Блок-схема установки для исследования искажений в различных каскадах радиоприемника.

ляция фоном) или же происходит усиление плохо сглаженных пульсаций источника питания в каскадах низкой частоты. При этом важно определить и частоту фона. Испытание производят следующим образом.

К горизонтальным пластинам осциллографа подводят напряжение сети (50 *гц*), а к вертикальным — через емкость и усилитель — напряжение фона, снимаемое с различных точек приемника.

При фоне с частотой 50 *гц* на экране появляется только одна фигура (прямая или эллипс). При 100 *гц* (двухполупериодное выпрямление) будут видны две фигуры (или сдвоенная).

Частота и форма кривой пульсирующего напряжения (после фильтра) не имеют существенного значения для качества работы приемника, при условии, однако, что амплитуда напряжения пульсаций (т. е. фона) не превосходит

определенной величины. Оценку величины напряжения фона можно произвести методом сравнения, предусмотрев для этой цели переключение вертикально отклоняющих пластин на стандартный источник переменного (50 *гц*) напряжения, величина которого может быть откалиброваана при помощи градуированного потенциометра.

7. АППАРАТУРА ПРОСЛУШИВАНИЯ

Проверку работоспособности отдельных каскадов приемника можно выполнить при помощи устройства для прослушивания. Такое устройство может состоять из апериодического усилителя высокой частоты, диодного детектора и усилителя низкой частоты. Усилитель высокой частоты должен допускать регулировку усиления (в известных пределах), лучше всего посредством изменения крутизны лампы. В зависимости от того, как желательно производить прослушивание — на головной телефон или громкоговоритель, такое устройство можно выполнить на лампах EBF11 + EF12 (для прослушивания на головной телефон) или EBF11 + ECL11 (для прослушивания на громкоговоритель).

Более простой вариант может быть выполнен при помощи одного каскада—сеточного детектора с обратной связью. Такая схема обладает большой чувствительностью, но легко перегружается, если не предусмотрена регулировка по высокой частоте. Если собрать такой регенератор на лампе типа RV12P2000 в форме пробника, то устройство можно использовать и для проверки у. к. в. приемников с частотной модуляцией (настраивая контур приемника так, чтобы работа происходила на боковой стороне резонансной кривой).

8. ГЕНЕРАТОР ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ С АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Испытательный генератор высокой частоты является одним из наиболее существенных узлов комбинированных устройств, применяемых для обнаружения неисправностей в радиоприемниках. Без такого генератора отыскать место неисправности, особенно в приемниках с большим числом контуров, крайне трудно. Кроме того, генератор высокой частоты необходим для настройки каскадов высокой и промежуточной частоты, а также для проверки контуров гетеродина.

Требования, предъявляемые к испытательному генератору высокой частоты, можно сформулировать следующим

образом. Генератор должен обладать достаточной стабильностью частоты и перекрывать весь встречающийся на практике диапазон частот, причем градуировка должна обеспечить возможность достаточно точной установки заданной частоты при любом числе повторных измерений.

Кроме того, следует потребовать, чтобы форма выходного высокочастотного напряжения генератора не была искажена, что довольно легко выполняется при применении отрицательной обратной связи.

Для того чтобы обеспечить необходимую стабильность частоты, приходится применять контуры с высокой добротностью, т. е. катушки с очень малыми потерями. Чтобы устранить изменение динамической емкости ламп, обусловленное нестабильностью сетевого напряжения, приходится согласиться с тем, чтобы начальная емкость конденсатора переменной емкости, используемого для настройки контура, была не меньше некоторой минимальной величины. Это обстоятельство уменьшает, однако, диапазон, перекрываемый конденсатором настройки, и, следовательно, приводит к увеличению числа поддиапазонов. Влияние динамической емкости уменьшается еще и в том случае, если контур находится в анодной цепи лампы.

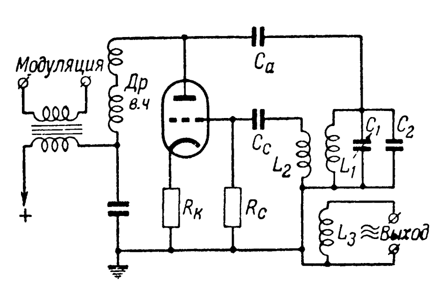
Наибольшие трудности возникают в отношении получения устойчивой генерации с достаточной амплитудой в диапазоне ультракоротких волн. Рекомендуется в этом случае применять в генераторном каскаде лампу с большой крутизной. Если ограничиться верхним пределом 20—30 *мггц*, чего для большинства радиовещательных приемников вполне достаточно, то эти трудности сказываются меньше.

Коэффициент модуляции должен быть около 30%. В генераторе высокой частоты, предназначенном не для измерений чувствительности и избирательности, а для обнаружения неисправностей, это требование не очень критично — можно допустить значение коэффициента модуляции в пределах 20—50%. Значительно важнее не допустить появления различных видов паразитной модуляции, поэтому в схемах фиг. 25 и 26 коэффициент модуляции можно выбирать несколько меньшим 30%, но все же не менее 20%. Методы контроля величины коэффициента модуляции будут рассмотрены несколько позже (см. стр. 93).

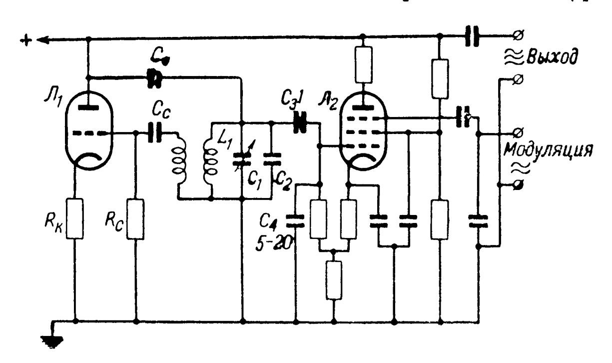
На фиг. 25 представлена принципиальная схема генератора высокой частоты с анодной модуляцией. Для большинства простых комбинированных устройств, описанных в этой книге, такая схема генератора вполне удовлетворительна.

Для больших сложных устройств можно рекомендовать схему, показанную на фиг. 26, с отдельным модуляторным каскадом.

Одним из наиболее важных вопросов, возникающих при проектировании испытательного генератора высокой частоты, является выбор способа регулировки выходного высокочастотного напряжения. Очевидно, что и в этом случае не следует предъявлять таких требований, какие обычно предъявляются к измерительным генераторам. Важно только обеспечить, чтобы эта регулировка не зависела от частоты и на всех поддиапазонах можно было осуществить ослабление выходного напряжения до нескольких микровольт. Лучше всего такая регулировка выполняется при помощи аттенюатора — многозвенной цепочки, составленной из последовательно и параллельно включенных активных сопротивлений (фиг. 27).



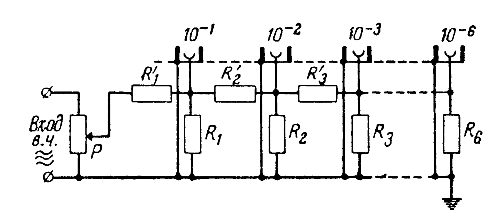
Фиг. 25. Принципиальная схема генератора высокой частоты с анодной модуляцией.



Фиг. 26. Принципиальная схема двухлампового генератора высокой частоты с отдельным модулятором.

Чтобы исключить зависимость поверхностного эффекта от частоты, лучше всего применить непроволочные сопротивления (углеродные). Значительные трудности при конструировании такого аттенюатора возникают при выборе

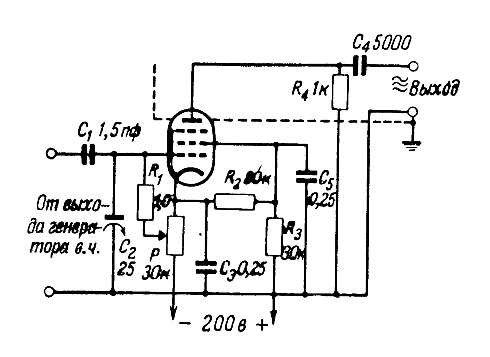
переключателя, так как даже относительно малые емкости его контактов образуют для высокой частоты шунтирующую цепь с относительно малым сопротивлением. Наиболее простым и надежным средством избежать этих трудностей является замена переключателя экранированными гнездами,



Фиг. 27. Аттенюатор на выходе генератора высокой частоты.

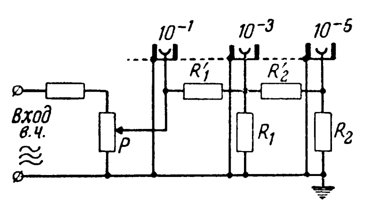
как показано на фиг. 27. Плавная регулировка внутри каждой декады осуществляется при помощи потенциометра *P*. Существенное значение для качества работы аттенюатора имеет способ выполнения заземления. Изготовление аттенюатора требует известного опыта. Некоторые практические указания по этому вопросу даны в гл. 3 (см. стр. 81).

Другой способ, позволяющий осуществить плавную регулировку выходного напряжения, который особенно часто используется в небольших моделях испытательных устройств, основан на изменении крутизны лампы. Для этой цели напряжение с выхода генератора подается на вход вспомогательной ламповой схемы, показанной на фиг. 28. Регулировка напряжения высокой частоты на выходе этого устройства осуществляется изменением смещения на управляющей сетке лампы. Этот способ имеет то несомненное достоинство, что уменьшает обратное воздействие нагрузки на генератор высокой частоты при получении на выходе различных напряжений. Хорошее ослабление с этой схемой, испытанной на



Фиг. 28. Ламповый „делитель“ для генератора высокой частоты.

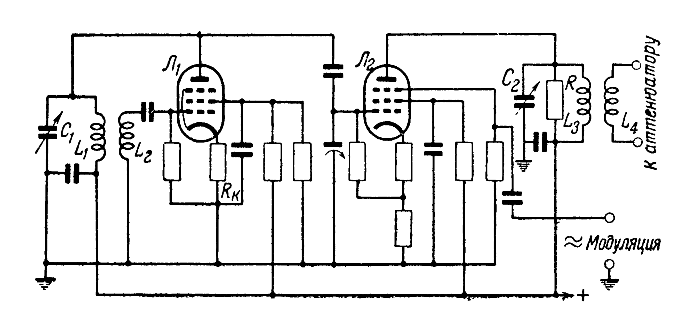
лампе EF11, удается получить только при условии хорошей экранировки между цепями сетки и анода (см. пунктир на фиг. 28). Для получения большого ослабления в коротковолновом поддиапазоне (до нескольких микровольт) все же приходится применять дополнительно, хотя и упрощенный, аттенюатор из активных сопротивлений. Схема такого дополнительного делителя с малым числом декад представлена на фиг. 29.



Фиг. 29. Упрощенная схема делителя.

Если напряжение, подаваемое на входной потенциометр P, может быть уменьшено до 0,1 *в*, то иногда такой аттенюатор можно приключить непосредственно к отдельной выходной обмотке генератора (L_3, фиг. 25), не опасаясь значительных обратных воздействий на частоту генератора.

Ламповый регулятор выходного напряжения генератора особо полезен тогда, когда требуется преобразовать малое выходное сопротивление генератора в более высокое, например при исследованиях колебательных контуров.



Фиг. 30. Двухкаскадный генератор высокой частоты с модуляцией на защитную сетку второй лампы.

Чтобы отфильтровать высшие гармоники выходного напряжения генератора, иногда применяют двухкаскадную схему, подобную приведенной на фиг. 30 и содержащую настроенный контур в анодной цепи выходной лампы $Л_2$. В этом случае модуляция осуществляется во втором каскаде, а аттенюатор присоединяется к катушке связи (L_4) с анодным контуром лампы $Л_2$.

9. ИНДИКАТОРЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

При проверке работы гетеродина в супергетеродинных приемниках очень удобным оказывается индикатор наличия колебаний. Такой индикатор должен быть достаточно широкополосным, чтобы позволить производить проверку гетеродина во всех поддиапазонах. После того как колебания обнаружены, может оказаться необходимым определить и частоту гетеродина.

В качестве индикатора наличия колебаний можно применить ламповый вольтметр на широкую полосу частот. Поскольку в первом приближении величина колебательного напряжения нас не интересует, можно осуществить схему такого вольтметра с диодом и электроннооптическим индикатором настройки, например по схеме фиг. 9. Необходимо только выполнить конструкцию таким образом, чтобы подключение индикатора к испытываемой точке схемы приемника было сделано очень короткими соединительными проводами. Лучше всего осуществить все устройство в виде малогабаритного выносного пробника. Входной конденсатор C_1 в схеме фиг. 9 следует взять емкостью 10 *пф* вместо 5 000 *пф*.

Входное сопротивление схемы фиг. 9, естественно, не очень велико. Можно несколько увеличить его, если емкость конденсатора C_1 уменьшить до 1 *пф*, однако при этом значительно уменьшается выпрямленное напряжение, отмечаемое индикатором.

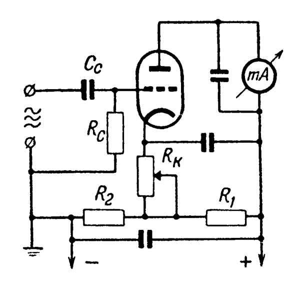
Поскольку амплитуда колебательного напряжения, как уже отмечено, нас не интересует и электроннооптический индикатор настройки позволяет определить только относительную величину измеряемого напряжения, с таким уменьшением амплитуды можно согласиться, если только это не отразится на чувствительности схемы.

Чувствительность индикатора наличия колебаний удается значительно повысить, если вместо электроннооптического индикатора настройки использовать в схеме ламповый вольтметр постоянного тока по схеме фиг. 15. Этот вольтметр имеет логарифмическую шкалу и поэтому позволяет с одинаковым удобством производить отсчет относительно больших и малых напряжений без дополнительного переключателя, что, как будет показано ниже, имеет существенное значение при исследованиях резонансных контуров.

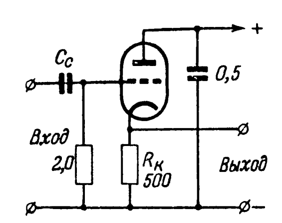
Ни одна из рассмотренных до сих пор схем не может обеспечить достаточно высокого входного сопротивления. Это обстоятельство не очень существенно для индикатора

наличия колебаний, но имеет важное значение при проверке резонансных контуров. Поэтому в качестве **индикатора резонанса** предложена схема фиг. 31, которая обладает высоким входным сопротивлением, а по чувствительности аналогична схеме фиг. 13. В схеме фиг. 31 используется лампа типа AC2 (или EF12).

Широкие возможности представляет применение в схемах индикаторов резонанса катодного повторителя. Катодный повторитель обладает высоким входным и относительно малым выходным сопротивлениями. Такой «преобразователь сопротивлений» очень удобен для измерительных целей. Его вход можно связать непосредственно с высокоомной



Фиг. 31. Ламповый вольтметр в качестве индикатора резонанса.



Фиг. 32. Схема катодного повторителя для преобразования сопротивлений.

резонансной цепью, а на выходе (на катодном сопротивлении) — получить почти такое же напряжение, как и на сетке. Сопротивление в цепи катода $R_к$ обычно берут 250—1 000 *ом*. При таком сопротивлении можно в качестве измерителя напряжения применить диодный вольтметр с нагрузочным сопротивлением, не превышающим нескольких килоом.

Схема катодного повторителя дана на фиг. 32.

Параметры схемы можно определить при помощи следующих выражений:

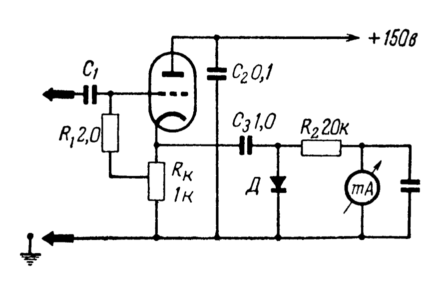
$$R'_i = \frac{R_i}{\mu + 1}; \quad S' = \frac{S}{\mu + 1}; \quad \mu' = \frac{\mu}{\mu + 1}.$$

где S и R_i — статические крутизна и внутреннее сопротивление лампы в рабочей точке;

μ — статический коэффициент усиления.

Коэффициент усиления каскада в этой схеме всегда меньше единицы.

Если диапазон рабочих частот ограничен пределом частот до 3 *мггц*, то наиболее простым будет индикатор по схеме фиг. 33 с полупроводниковым диодом *Д*. Конденсатор связи C_1 для высоких частот надо взять 1—5 *пф*, а для низких — 0,005 *мкф*. Стрелочный прибор должен быть высокой чувствительности (желательно 0,1 *ма* на всю шкалу).

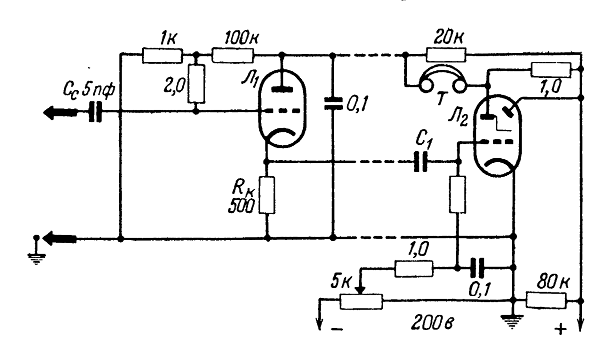


Фиг. 33. Индикатор наличия колебаний для частот до 3 *мггц*.

Простейшая схема индикатора наличия колебаний может быть получена в комбинации с электроннооптическим индикатором настройки по схеме фиг. 34. Лампа $Л_2$ включена по схеме анодного детектора, так как в этом случае обеспечивается бо́льшая острота индикации, чем в случае схемы сеточного детектора.

Еще лучшие результаты дает применение отдельного детектора (диодного).

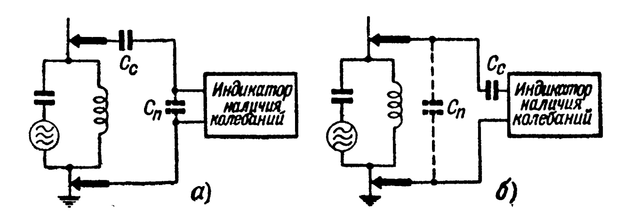
Определение частоты можно выполнить многими способами. Если желательно измерить частоту возможно



Фиг. 34. Указатель наличия колебаний с электроннооптическим индикатором настройки.

точнее, то выходное напряжение пробника, собранного, например, по схеме катодного повторителя (фиг. 32), надо подать на смесительную лампу, к которой одновременно подводится напряжение от градуированного генератора высокой частоты.

Еще проще осуществить определение частоты при помощи пробника по схеме фиг. 34. В этом случае триодная часть электроннооптического индикатора настройки $Л_2$ используется в качестве смесительной лампы (емкость C_1 надо уменьшить до 5—10 *пф*). В анодную цепь $Л_2$ включается головной телефон T, а напряжение высокой частоты от градуированного генератора подается через второй конденсатор емкостью 5—10 *пф* тоже на сетку $Л_2$. Благодаря анодному детектированию происходит смешение обеих частот и выделение частоты биений; при сближении обеих подводимых частот возникают свисты, а при полном совпадении частот — нулевые биения. Так как свисты могут наблюдаться и при



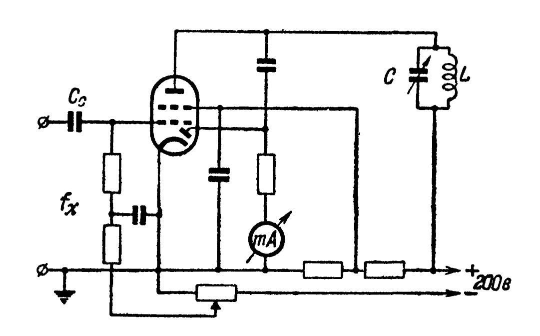
Фиг. 35. Влияние длинных соединительных проводов между исследуемым объектом и измерительным устройством.

биениях между гармониками обеих частот, определение частоты получается неоднозначным. Чтобы устранить неоднозначность при определении частоты исследуемого гетеродина, надо на шкале измерительного генератора высокой частоты прочесть показания для двух рядом расположенных свистов и подсчитать разность частот между этими показаниями. Разность должна быть равна основной частоте, а любая гармоника дает в целое число раз бо́льшую разность.

При частотных измерениях важно помнить, что от присоединения пробника к исследуемому гетеродину частота последнего несколько изменяется. Величина емкости связи C_c между измерительным устройством и исследуемым гетеродином должна быть не больше $1 \div 5$ *пф*, а на коротковолновом диапазоне — желательно и меньше 1 *пф*. Если соединительные провода между исследуемым объектом и пробником длинны, то вследствие паразитной емкости $C_п$ напряжение, подводимое к пробнику, резко уменьшается (фиг. 35,*а*). С другой стороны, длинные провода

между C_c и измеряемым объектом вносят затухание и паразитная емкость $C_п$ (фиг. 35,*б*) понижает частоту гетеродина.

Чтобы уменьшить влияние соединительных проводов, можно либо настолько уменьшить размеры измерительного устройства, чтобы иметь возможность близко поднести его к исследуемой точке, либо же применить выносной пробник. В последнем случае при помощи катодного повторителя по схеме фиг. 32 или 34 можно без особого труда подать



Фиг. 36. Усилитель с настроенным контуром *LC* в цепи анода.

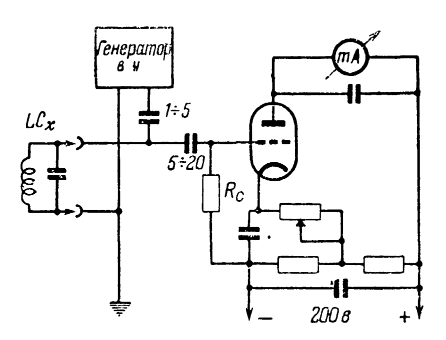
высокую частоту с выхода выносного пробника кабелем к измерительной схеме. Такая схема, в которой применена лампа EBF11, представлена на фиг. 36. В анодную цепь усилительной части лампы включен настроенный контур *LC*. Чтобы повысить остроту резонанса, рекомендуется присоединение анодной цепи сделать от части витков *L* контура или же применить слабую индуктивную связь.

Схему фиг. 36 можно применить и для индикации в широкой полосе частот, если включить в анодную цепь малоемкостный дроссель высокой частоты, однако чувствительность схемы при этом значительно падает.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОНТУРА

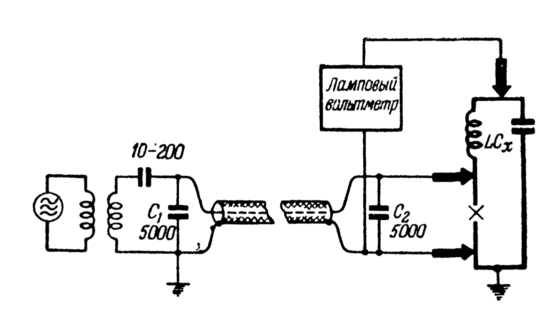
Для определения собственной частоты колебательного контура необходимо возбудить этот контур при помощи постороннего источника напряжения на собственной частоте и измерить возникшее на контуре при резонансе напряжение.

На фиг. 37 приведена схема устройства с ламповым вольтметром, аналогичным фиг. 31. Напряжение от измерительного высокочастотного генератора подается через емкость 1 ÷ 5 *пф* на исследуемый контур LC_x. Так же как и для индикатора наличия колебаний, наилучшей конструктивной формой является выносной пробник.



Фиг. 37. Индикатор резонанса с ламповым вольтметром постоянного тока.

При измерениях собственной частоты контура наибольшие затруднения возникают в подаче высокочастотного напряжения в контур. Один из способов подачи напряжения высокой частоты в измеряемый контур при помощи емкостного делителя напряжения приведен на фиг. 38. Этот способ имеет тот недостаток, что напряжение вводится в контур последовательно, для чего приходится разрывать провод, идущий от катушки индуктивности к корпусу, что допустимо при исследованиях добротности и резонансных свойств не смонтированных катушек и менее удобно при испытаниях



Фиг. 38. Схема последовательного питания высокой частотой исследуемого контура.

готовых приемников. Соединение генератора высокой частоты с проверяемым контуром может быть осуществлено при помощи экранированного кабеля достаточной длины. Для измерения необходимо иметь источник напряжения высокой частоты 0,05—0,1 *в* с малым внутренним сопротивлением.

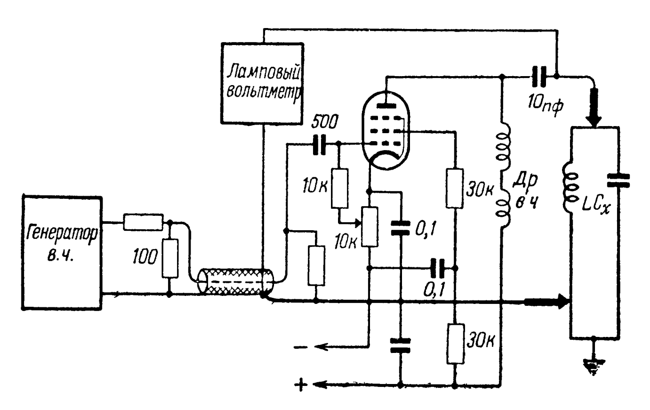
Полное сопротивление кабеля можно подсчитать по формуле

$$Z \approx \frac{1}{\omega C_0},$$

где $C_0 = C_1 + C_2$.

Для данных, приведенных на фиг. 38, при $f = 0{,}1$ *мггц* $Z \approx 150$ *ом*.

В простых случаях можно подводку от генератора высокой частоты осуществить при помощи неэкранированного провода через два конденсатора связи емкостью 1—2 *пф*, причем один из них присоединяется в непосредственной близости от колебательного контура измерительного генератора, а второй — непосредственно у испытываемого контура.

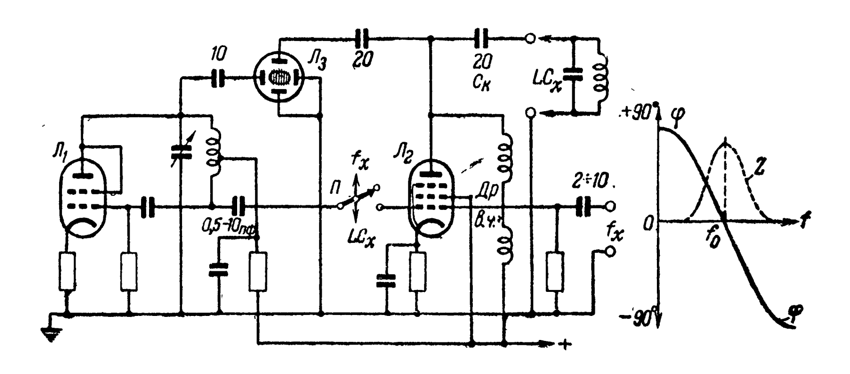


Фиг. 39. Схема параллельного питания высокой частотой исследуемого контура.

В более сложных случаях или при необходимости измерений с относительно высокой точностью рекомендуется схема, приведенная на фиг. 39, позволяющая преобразовать низкоомное выходное сопротивление генератора в. ч., необходимое для лучшего согласования с кабелем, в высокоомное, необходимое для параллельного питания контура LC_x. Такое устройство, выполненное в виде выносного пробника и содержащее регулируемое ламповое сопротивление, имеет низкоомный вход и высокоомный выход. Питание анода лампы производится через малоемкостный дроссель высокой частоты. Эта же схема может быть использована как регулятор выходного напряжения генератора высокой частоты. Для этого анодный дроссель заменяется цепочкой сопротивлений (аттенюатором).

Испытываемый контур может быть возбужден не только на основной частоте, но и на гармонической, поэтому во избежание ошибок при измерениях должны быть приняты специальные меры.

Полную однозначность можно обеспечить при помощи электроннолучевого осциллографа по схеме фиг. 40. Напряжение от генератора высокой частоты на лампе EF12 ($Л_1$) подводится с одной стороны к горизонтально отклоняющим пластинам трубки ($Л_3$), а с другой стороны через разделительную лампу EF14 ($Л_2$), в аноде которой включен испытываемый контур,— к вертикально отклоняющим пластинам



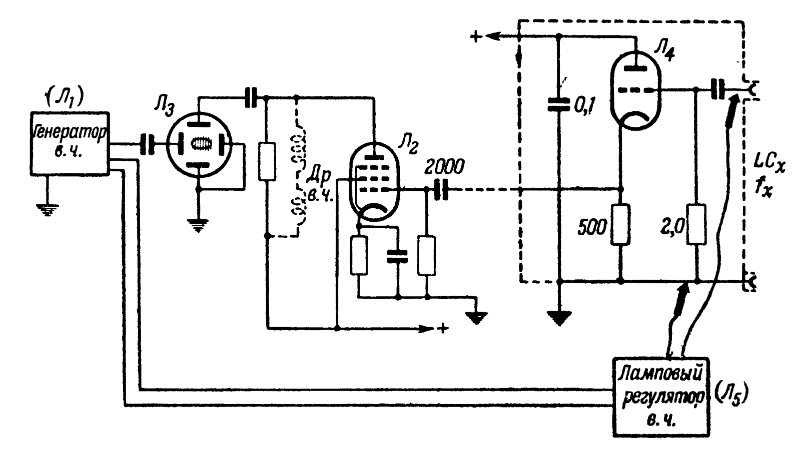
Фиг. 40. Индикатор резонанса с электроннолучевой трубкой.

трубки. При резонансе на контуре получается напряжение, достаточное для отклонения луча. Когда частота генератора в точности соответствует собственной частоте испытываемого контура и угол сдвига фаз между напряжениями $\varphi = 0$, на экране трубки будет видна прямая наклонная линия. Уже небольшая расстройка вызывает фазовый сдвиг, и при $\varphi = \pm 90°$ вместо наклонной прямой на экране будет виден круг.

Если подключить испытываемый контур непосредственно к вертикально отклоняющим пластинам осциллографа (без усилительной лампы) и настроить его на частоту генератора высокой частоты, выходное напряжение с которого подано на горизонтально отклоняющие пластины осциллографа, то благодаря наличию емкости между горизонтальными и вертикальными отклоняющими пластинами создается сдвиг фаз около 90° и на экране будет виден эллипс. Такое простое устройство может быть с успехом использовано для

настройки контуров в диапазонах не только длинных и средних, но также коротких волн.

Подключение контура LC_x к аноду лампы $Л_2$ при помощи длинных проводов вызывает искажение результатов измерения собственной частоты контура, поэтому более целесообразна схема, приведенная на фиг. 41. Эта схема содержит промежуточную лампу $Л_4$, выполненную в виде выносного пробника по схеме катодного повторителя, который может быть непосредственно (без длинных проводов) связан с испытываемым контуром в ремонтируемом приемнике.



Фиг. 41. Развитие схемы фиг. 40. Каскад катодного повторителя выполнен в виде выносного пробника.

Искажения формы изображения на экране трубки вследствие перегрузки катодного повторителя с малым выходным сопротивлением (см. фиг. 81) можно устранить при помощи регулирующей лампы (см. фиг. 28 и 39).

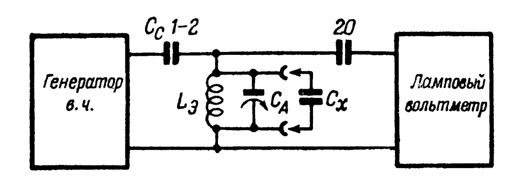
Схема фиг. 40 позволяет осуществить и измерение частоты гетеродина. Напряжение гетеродина можно снимать с его катушки обратной связи (через конденсатор 20 *пф*) или с колебательного контура гетеродина через емкость 1 ÷ 5 *пф*. Конденсаторы должны присоединяться к гетеродину без промежуточных проводов, непосредственно. Переключатель *П* должен быть разомкнут. На экране осциллографа возникает светящийся прямоугольник, высота которого пропорциональна напряжению гетеродина и который при совпадении частоты гетеродина с частотой измерительного генератора превращается в наклонную прямую (см. фиг. 80).

Входные и выходные емкости усилительной лампы $Л_2$, а также емкость монтажа уменьшают усилительную способность лампы на высоких частотах, поэтому и для схемы фиг. 40 можно рекомендовать добавление выносного пробника по схеме фиг. 41. При относительно малой величине катодного сопротивления выходное напряжение будет достаточно равномерным по всему диапазону частот.

Если исследуемый контур настроен на двойную частоту ($2f$), то изображение на экране будет иметь вид, показанный на фиг. 80,*г*, а при $f/2$ — как на фиг. 80,*д*.

11. ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТЕЙ И ИНДУКТИВНОСТЕЙ НА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ

Испытание и проверку катушек индуктивности и конденсаторов, как правило, можно производить при помощи описанного ранее измерителя полных сопротивлений. Однако катушки и конденсаторы, входящие в колебательные контуры, целесообразнее проверять на высокой частоте.



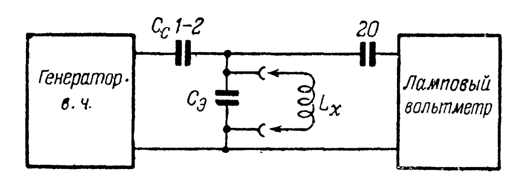
Фиг. 42. Схема измерения емкости на высокой частоте.

Проще всего измерения емкости конденсаторов 0—3 000 *пф* можно выполнить, составив для этой цели контур из испытываемого конденсатора C_x и эталонной индуктивности $L_э$ и испытав его при помощи схемы фиг. 42. Шкала генератора высокой частоты должна быть снабжена градуировкой в значениях емкости. Измерения в диапазоне емкостей 0 — 3 000 *пф* могут быть выполнены при двух или трех поддиапазонах генератора. Чтобы не вводить особого переключателя, целесообразно использовать переключатель диапазона частот генератора и нанести на шкалу каждого поддиапазона градуировку как по частоте, так и по емкости.

Чтобы при измерениях емкостей исключить ошибку, вносимую индуктивностью подводящих проводов, лучше всего эти измерения производить на более низких часто-

тах, например на обоих нижних поддиапазонах частот: 100÷280 и 280÷800 *кгц*.

Так как отношение частот в генераторе высокой частоты (фиг. 42) для выбранных поддиапазонов составляет 1 : 2,8, то при измерении емкостей соотношение емкостей на каждом поддиапазоне составит $2{,}8^2 \approx 7{,}5$. Таким образом, если задаться максимальным значением измеряемых емкостей 3 000 *пф*, то второй поддиапазон определится в 3 000 — 400 *пф* (3 000 : 7,5≈400). Соответственно первый поддиапазон (с небольшим перекрытием) будет 420÷56 *пф*. Чтобы иметь возможность измерять еще меньшие емкости, параллельно эталонной катушке $L_э$ придется включить полупеременный конденсатор C_A емкостью 56 *пф* так, чтобы собственная частота контура составила около 800 *кгц*. При помощи этого полупеременного конденсатора осуществляется коррекция нуля измерительной схемы. Естественно, что благодаря наличию конденсатора C_A начало и конец второго поддиапазона несколько смещаются.



Фиг. 43. Схема измерения индуктивности на высокой частоте.

Для измерения индуктивностей следует воспользоваться схемой фиг. 43, причем эталонный конденсатор $C_э$ в измерительном контуре берется сравнительно большой емкости, чтобы уменьшить влияние собственной емкости катушек. При $C_э$, равном 5 000 *пф*, даже если считать собственную емкость катушек равной 50 *пф* (что составляет только 1% общей емкости измерительного контура), ошибка измерений не превысит 1%. Практически контурные катушки современных радиоприемников обладают значительно меньшей емкостью, и можно, следовательно, сохраняя ту же высокую точность измерений, принять для $C_э$ значение емкости 1 000—2 000 *пф*. В частности, если принять $C_э =$ $= 1\,014$ *пф*, получим весьма простую формулу для пересчета шкалы частот генератора в шкалу индуктивностей (микрогенри).

Так как

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} = \frac{25\,350}{Cf^2},$$

где L — *мкгн*;
C — *пф*
и f — *мггц*,
то при $C_э = 1\,014$ *пф*

$$L = \frac{25}{f^2}.$$

Чтобы учесть влияние собственной емкости катушек, рекомендуется $C_э$ взять равным 1 004 *пф* вместо 1 014 *пф*.

С этой емкостью на поддиапазонах генератора 0,1 — 16 *мггц* можно будет измерять индуктивности 0,1 — 2 500 *мкгн*. Так как для проверки радиовещательных приемников желательно увеличить этот диапазон до 5 000 *мкгн*, то для $C_э$ вместо 1 014 *пф* придется взять 507 *пф*.

Расширив диапазон частот генератора в сторону нижних частот, можно при наличии частот 35 — 100 *кгц* увеличить диапазон измеряемых индуктивностей до 20 *мгн*.

Если вместо $C_э = 1\,014$ *пф* взять $C_э = 2\,028$ *пф*, то при некотором уменьшении диапазона измерений (до 10 *мгн*) можно значительно уменьшить ошибку измерений за счет уменьшения влияния собственной емкости катушек. Для упрощения переключения рекомендуется, однако, для всех поддиапазонов выбирать одно и то же значение $C_э$.

Измерение индуктивности катушек в ремонтируемых приемниках обычно желательно производить без демонтажа катушки из приемника. Удлинение соединительных проводов при проверке катушек длинных и средних волн заметной ошибки не вносит. Для измерения катушек коротковолнового диапазона рекомендуется уже пользоваться выносным пробником.

12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ КОНТУРОВ

Для определения качества колебательных контуров разработаны многочисленные методы, из которых отметим только следующие три:

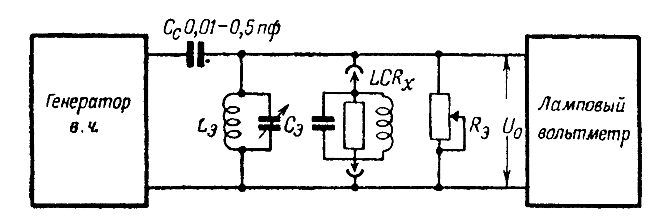
1. Определение коэффициента затухания по ширине резонансной кривой.

2. Определение добротности.

3. Определение резонансного сопротивления методом замещения эталонным сопротивлением.

Первый метод неприемлем из-за сложности. Второй метод также довольно сложен и, кроме того, сведения о добротности контура не очень полезны при определении места и причины неисправности в приемнике.

Наиболее приемлемым в практических условиях является метод замещения, который, вообще говоря, можно реализовать различными способами. Принципиальная схема измерений по методу замещения приведена на фиг. 44. В измерительной цепи находится эталонный контур $L_э C_э$, к которому для определения потерь извне параллельно подключается исследуемый контур LCR_x. Результирующее резонансное напряжение на обоих контурах, возбуждаемое



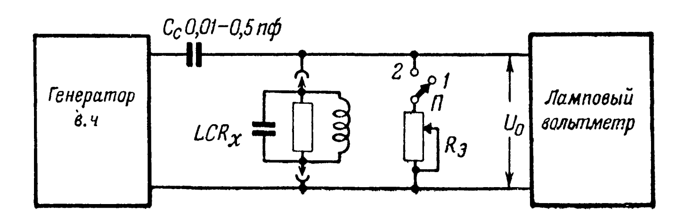
Фиг. 44. Метод замещения для определения резонансного сопротивления.

генератором высокой частоты, измеряется ламповым вольтметром с высокоомным входом. Параллельно колебательным контурам включено градуированное эталонное сопротивление $R_э$, величина которого при измерении результирующего резонансного напряжения должна быть бесконечно большой. Если сопротивление в этот момент будет иметь конечное значение, то это ухудшит чувствительность схемы. Удалив исследуемый контур, снова измерим резонансное напряжение, подстроив для этого частоту генератора; затем, вводя сопротивление $R_э$, будем добиваться такого же показания лампового вольтметра (U_0), как и при первом измерении. Мерой потерь в исследуемом контуре будет величина сопротивления $R_э$, введенного при втором измерении.

Можно упростить схему, если несколько видоизменить способ измерения (фиг. 45). Вначале измеряют напряжение на исследуемом контуре при резонансе и отключенном сопротивлении $R_э$ (положение переключателя *1*), т. е. считая

$R_э = \infty$. Это напряжение должно быть достаточно большим (регулируется подбором C_c), чтобы можно было уверенно и удобно взять отсчет по шкале лампового вольтметра. Пусть оно, например, равно 1 *в*. Включим теперь $R_э$ при помощи переключателя *П* (положение *2*) и будем уменьшать $R_э$ до тех пор, пока резонансное напряжение U_0 не уменьшится вдвое: до $\frac{U_0}{2}$ (в нашем случае до 0,5 *в*). В этот момент $R_э = R_0$, т. е. резонансному сопротивлению контура. Как видно из фиг. 45, этот метод измерения позволяет отказаться от эталонного контура $L_эC_э$.

Точность измерения резонансного сопротивления зависит от величины сопротивления емкости связи C_c. Чем выше это сопротивление, тем меньшую ошибку вносит



Фиг. 45. Упрощенная схема определения резонансного сопротивления по методу замещения.

оно при измерении $\frac{U_0}{2}$. Удовлетворительные результаты получаются, если $\frac{1}{\omega C_c} = 2R_0$. Практически конденсатор C_c делают переменным и величину связи выбирают насколько возможно малой, но все же достаточной для того, чтобы еще можно было получить хороший отсчет величины $\frac{U_0}{2}$.

Наибольшие трудности в создании аппаратуры для измерения резонансного сопротивления контуров по описанному простому методу составляет конструкция эталонного сопротивления $P_э$. Переменное сопротивление обычного типа в описанной схеме обладает большей или меньшей емкостью на землю. Эта паразитная емкость на высоких частотах снижает общую величину сопротивления $R_э$. Чтобы получить достаточно большое значение сопротивления на высоких частотах, рекомендуется вклю-

чать его по схеме фиг. 46, используя емкостное трансформирование. Общая емкость C_1+C_2 не может быть менее 70—100 *пф*, что вызывает некоторое изменение частоты, которое надо учитывать при измерениях. Поэтому рассмотрим еще одну схему, основанную на использовании динатронного эффекта.

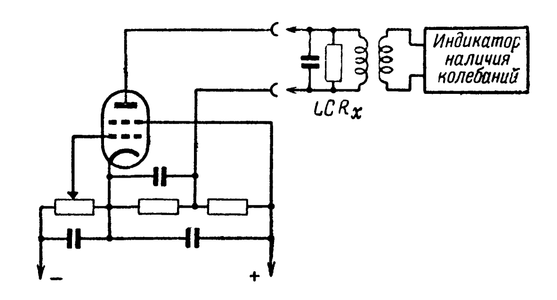
Принципиальная схема динатронного генератора, в которой использована экранированная лампа (не пентод), приведена на фиг. 47. Напряжение на экранной сетке, как видно из схемы, выше, чем на аноде. Условия самовозбуждеия схемы:

$$|R_0| \geqslant |R_i|,$$

где R_0 — резонансное сопротивление контура;
R_i — внутреннее сопротивление лампы в динатронном режиме.

Фиг. 46. Емкостная схема преобразования сопротивления.

Недостатками динатронного генератора являются критичность режима и плохая стабильность работы. Большей надежностью обладает схема фиг. 48, у которой колебательный контур включен в анодную цепь усилительной лампы с регулируемой крутизной ($Л_2$), а вторая лампа $Л_1$



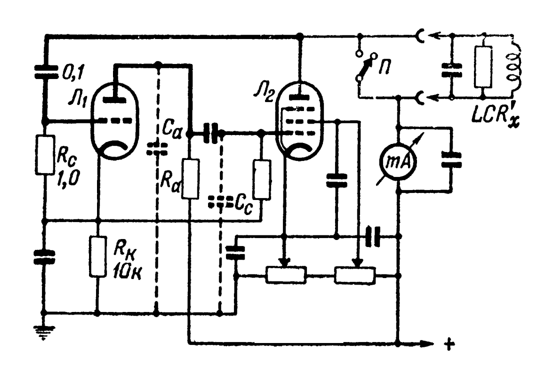
Фиг. 47. Принципиальная схема динатронного генератора.

обеспечивает необходимый сдвиг фаз и обратную связь для режима самовозбуждения. Условие самовозбуждения схемы:

$$R_a \leqslant \frac{1}{\omega (C_a + C_c)},$$

где ω — граничная частота.

В этой схеме анодный ток лампы $Л_2$, измеряемый миллиамперметром, зависит от резонансного сопротивления контура LCR'_x, и потому миллиамперметр может быть проградуирован в единицах сопротивления. Работу схемы можно объяснить следующим образом. При высоком резонансном сопротивлении контура на нем падает такое переменное напряжение, которое требует для поддержания колебаний меньшей крутизны усилительной лампы, чем при малом резонансном сопротивлении. Если же на сетку фазоинверторной лампы $Л_1$ попадает более высокое



Фиг. 48. Измеритель резонансного сопротивления с непосредственным отсчетом.

напряжение, то уменьшается ее анодный ток и падение напряжения на катодном сопротивлении $R_к$. Вследствие этого уменьшается положительное противонапряжение на сетке $Л_2$, и она становится более отрицательной, что уменьшает крутизну $Л_2$. Отрицательное смещение на $Л_2$ подбирается таким образом, чтобы в граничном случае, т. е. когда система не колеблется, оно составляло еще около —2 *в*. Устройство обеспечивает измерение резонансных сопротивлений с точностью около 10%, чего вполне достаточно для практики. Как видно из фиг. 48, в анодную цепь лампы $Л_2$ можно включать только контуры, которые допускают прохождение постоянной составляющей. Для испытания контуров без демонтажа их из приемника это является недостатком, который, однако, легко устранить включением в схему постоянного контура с малыми потерями, т. е. с большим резонансным сопротивлением.

Испытываемый контур в данном случае подключается параллельно к этому внутреннему контуру (как на схеме фиг. 44), и измеряется результирующее резонансное сопротивление.

13. ВЫБОР СОСТАВА СХЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

Пользуясь рассмотренными выше методами испытаний, можно определить типы комбинированных измерительных и проверочных приборов, необходимых для ремонтных работ.

Приборы для испытания низкочастотных цепей—омметр, измеритель полных сопротивлений, ламповый вольтметр и т. п. — можно более или менее просто объединить в комбинированное устройство, в котором используются одни и те же лампы и один стрелочный измерительный прибор.

Сложнее осуществить комбинирование отдельных высокочастотных измерительных схем в общий прибор. Особую заботу при этом приходится проявлять об уменьшении расстройки контуров. В общем случае можно так использовать переключение диапазонов частот и градуировку конденсатора переменной емкости, что они будут общими для генератора высокой частоты, индикатора наличия колебаний и частотомера.

Ниже приводятся описания наиболее удачных комбинаций схем универсальных приборов для обнаружения повреждений в радиоаппаратуре, оправдавших себя на практике.

Практические модели, описываемые в гл. 4, представляют собой комбинированные устройства, которые должны удовлетворить различным требованиям практики. Однако схемы этих приборов и их конструкции должны рассматриваться только как примеры, не претендующие на полное копирование. Они могут значительно видоизменяться в зависимости от поставленных задач и требований конструктора.

А. Малая модель высокой частоты

Эта модель не имеет стрелочного измерительного прибора, взамен которого используется электроннооптический индикатор настройки. В схеме генератора высокой частоты применялась лампа EF12 или AC2. В качестве индикатора настройки могут работать лампы C/EM2, AM2 или EM11. Кроме того, необходим еще диод. На этих трех лампах могут быть построены следующие испытательные приборы:

1. Генератор высокой частоты (фиг. 25).

2. Генератор низкой частоты на одну фиксированную частоту (фиг. 16).

3. Индикатор наличия колебаний и измеритель частот (фиг. 9 и 34).

4. Испытатель колебательных контуров (фиг. 9, 25 и 34).

5. Устройство для прослушивания (лампа генератора высокой частоты используется в качестве регенератора).

Б. Малая модель низкой частоты

В этой модели используется стрелочный измерительный прибор — миллиамперметр — с чувствительностью 0,1 *ма*. При помощи одной лампы (типа EF12) могут быть осуществлены следующие приборы:

1. Омметр (фиг. 2).
2. Измеритель полных сопротивлений (фиг. 5).
3. Генератор низкой частоты на одну фиксированную частоту (фиг. 16).
4. Ламповый вольтметр постоянного и переменного тока (фиг. 15).

Стрелочный измерительный прибор должен быть снабжен четырьмя шкалами: 1) общей для омметра (R) и измерителя полных сопротивлений (Z); 2) для измерителя индуктивности (L); 3) для измерителя емкостей (C) и 4) общей для вольтметров постоянного ($V_=$) и переменного ($V_\sim$) тока.

В. Большая модель низкой частоты

Добавив четыре лампы (три лампы RV12P2000 и одну EL11) к устройству, описанному в п. «Б», можно получить *RC*-генератор низкой частоты с плавным диапазоном. Если же добавить еще лампу типа EF14 и электроннолучевую трубку, то можно осуществить комбинированное устройство, содержащее следующие приборы:

1. Омметр (фиг. 2).
2. Измеритель полных сопротивлений (фиг. 5).
3. Генератор низкой частоты на одну фиксированную частоту (фиг. 16).
4. Ламповый вольтметр постоянного и переменного тока (фиг. 15).
5. Генератор низкой частоты с плавным диапазоном 50—10 000 *гц* с усилителем мощности (фиг. 19).
6. Устройство для прослушивания.

7. Электроннолучевой осциллограф для обнаружения искажений (фиг. 21).

Стрелочный прибор, так же как и в модели Б, снабжается четырьмя шкалами. Кроме того, должна быть предусмотрена отдельная шкала для сдвоенного сопротивления, входящего в схему *RC*-генератора н. ч. с плавным диапазоном.

Г. Комбинированная средняя модель низкой и высокой частоты

Эта модель содержит стрелочный измерительный прибор на 0,1 *ма* и шесть ламп: EF12, EF14, 4675 (типа «жолудь») и три лампы типа RV12P2000. При помощи них осуществляются следующие приборы:

1. Омметр (фиг. 2).
2. Измеритель полных сопротивлений (фиг. 5).
3. Генератор низкой частоты с плавным диапазоном 100 ÷ 10 000 *гц* (фиг. 19).
4. Ламповый вольтметр постоянного и переменного тока (фиг. 15).
5. Генератор высокой частоты (фиг. 25).
6. Индикатор наличия колебаний (фиг. 25 и 32).
7. Измеритель частоты (фиг. 15, 25 и 32).

Чтобы получить однозначные результаты при измерениях частот, можно добавить еще один колебательный контур, включив его либо на выходе генератора высокой частоты, либо в анодную цепь лампы, работающей в схеме индикатора резонанса. В этом случае можно, например, образовать схему, показанную на фиг. 36, спарив для этого на одной оси переменные конденсаторы дополнительного контура и контуры генератора высокой частоты.

Стрелочный прибор снабжается таким же числом шкал, как в модели Б.

Д. Большая модель

Эта модель построена на 15 лампах, а именно: EF12, две лампы EF11, EL11, три лампы RV12P2000, две лампы EF14, две лампы 955 или 4675 (типа «жолудь»), электроннолучевая трубка DG 7-2 и по одной лампе EA50 RFG-3 и EZ12. При помощи этих ламп осуществляется комбинация следующих приборов:

1. Омметр (фиг. 2).
2. Измеритель полных сопротивлений (фиг. 5).

3. Генератор низкой частоты с плавным диапазоном (фиг. 19).

4. Ламповый вольтметр постоянного и переменного тока (фиг. 15).

5. Индикатор наличия колебаний (фиг. 41).

6. Генератор высокой частоты (фиг. 25 и 26).

7. Прибор для проверки колебательных контуров (фиг. 39 и 41).

8. Измеритель резонансных сопротивлений (фиг. 48).

9. Электроннолучевой осциллограф (фиг. 21).

10. Источник напряжения для исследования фона.

Стрелочный прибор должен быть снабжен шкалами: 1) R и Z (общая); 2) C, 3) L; 4) $V_{=}$ и $V_{\sim}$ (общая) и 5) резонансных сопротивлений (R_0).

Чтобы не усложнять устройства шкал прибора, не рекомендуется наносить на них более четырех градуировок, поэтому для R_0 лучше применить отдельный стрелочный прибор (см. фиг. 60), либо же отказаться от шкалы L, заменив ее шкалой R_0.

Большая модель снабжается, кроме того, отдельными шкалами для генераторов низких и высоких частот. Шкала генератора высоких частот может иметь еще градуировки L и C для измерений индуктивности и емкости на высоких частотах.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Конструирование комбинированных универсальных испытательных устройств значительно сложнее, чем конструирование обычных радиоизмерительных приборов. Испытательные устройства должны быть по возможности компактными, легко передвигаемыми и не занимать слишком много места на рабочем столе. Если имеющиеся детали не позволяют изготовить достаточно компактное устройство, то целесообразно разделить схему на отдельные части и изготовить несколько отдельных приборов. Конечно, при таком решении увеличивается потребное число блоков питания, стрелочных измерительных приборов, звуковых генераторов и пр. Нельзя рекомендовать использование отдельных блоков из разных аппаратов, соединяемых между собой шнурами, напри-

мер звуковой генератор из низкочастотного устройства применить для модуляции генератора высокой частоты в другом устройстве. Такие соединения во время работы при отыскании повреждений требуют значительной затраты времени и не исключают возникновения источника ошибок.

Большое значение для эксплуатации комбинированных приборов имеют качество и доступность монтажа и возможность легкого осмотра его. Это требует тщательного продумывания схем механического и электрического монтажа. Рекомендуется электрический монтаж выполнять цветными монтажными проводами.

Компоновку прибора легче всего осуществить, если он выполнен в виде отдельных блоков, размещаемых в общем футляре подходящего размера. Автор отдает предпочтение отдельным блокам для низкой и высокой частот. Только для модели с электроннолучевой трубкой целесообразно объединить низкочастотную и высокочастотную части в общем футляре. Если желательно разделить и этот прибор на два отдельных, то электроннолучевую трубку следует сохранить в высокочастотном приборе, отказавшись от использования ее в низкочастотном приборе.

При проектировании размещения узлов и блоков в общем устройстве приходится учитывать целесообразность размещения в первую очередь деталей высокой частоты. Эти детали размещают обычно в наивыгоднейших для их будущей работы условиях и так, чтобы все соединения могли быть осуществлены самыми короткими проводами.

Весьма важным является вопрос о выборе системы переключателя рода работы и различных поддиапазонов. Выбор типа коммутирующих устройств — вращающихся или кнопочных переключателей или автоматических (штеккерных) гнезд — определяется по-разному в каждом конкретном случае. Так, например, в малой низкочастотной модели переключение рода работы для перехода от омметра к вольтметру постоянного тока или измерителю полного сопротивления можно осуществить при помощи простых выключателей. При большом числе комбинируемых измерительных схем целесообразно переключение рода работы связать с переключением поддиапазонов измерений для каждого прибора, чтобы повысить эксплуатационную надежность устройства. Конечно, переключатель в этом случае получается громоздким, так как он должен допускать переключение на 10—12 направлений, даже если считать, что число поддиапазонов для каждой измерительной схемы в среднем равно трем.

Задача значительно упрощается при использовании автоматических гнезд для коммутации рода работы. Такие гнезда лучше всего изготовить самому, поскольку гнезда, применяемые в телефонии, мало пригодны для работы на высокой частоте, так как они обладают слишком большой емкостью между контактными пружинами и самим гнездом. Кроме того, качество изоляции таких пружинных гнезд обычно низко, что приводит к значительным потерям на высокой частоте.

Самыми удобными следует признать кнопочные переключатели. Они позволяют производить быструю коммутацию различных схем и отлично поддаются осмотру.

В высокочастотных устройствах приходится отказаться от объединения переключателя рода работы с переключателем поддиапазонов. Необходимо обеспечить кратчайшие соединения для высокочастотных элементов схем.

Значительно облегчается и улучшается присоединение высокочастотных испытательных устройств к проверяемым объектам при использовании для этой цели выносных пробников.

Перейдем теперь к рассмотрению особенностей конструкции отдельных узлов.

2. БЛОК ПИТАНИЯ

Для большинства испытательных устройств, как низкочастотных, так и высокочастотных, пригодны блоки питания относительно небольшой мощности с простыми фильтрами. Устройства, использующие электроннолучевые трубки, требуют источников питания с малым уровнем фона, чтобы изображение на экране трубки было без помех. Хорошие фильтры нужны также для блока питания генератора низкой частоты с плавным диапазоном, особенно если предполагается использование поддиапазона очень низких частот.

Для простейших испытательных устройств с малым током потребления можно применять селеновые или купроксные выпрямительные столбики. Устройства, требующие малого фона, лучше всего снабдить ламповым выпрямителем по двухполупериодной схеме.

Для определения мощности блока питания надо подсчитать мощности, потребляемые цепями накала всех ламп, анодными цепями и делителями напряжения, и просуммировать их.

При определении мощности трансформатора надо найденную из подсчетов потребную величину анодного тока умножить на коэффициент, зависящий от рода и схемы выпрямителя. При однополупериодной ламповой схеме этот коэффициент равен 2, при двухполупериодной — 1,3, для однополупериодной схемы на селеновых (купроксных) столбиках — 2,5. При двухполупериодных схемах мощность анодной цепи подсчитывается только для одной половины обмотки трансформатора.

Выбор кенотрона определяется в первую очередь допустимой величиной обратного напряжения. Минимальную величину обратного напряжения можно подсчитать как сумму амплитудного значения переменного напряжения на аноде кенотрона и постоянного выпрямленного напряжения. Лучше, если кенотрон и трансформатор будут рассчитаны на несколько бóльшую, чем на недостаточную мощность.

Селеновые и купроксные столбики следует применять только такие, которые были подвергнуты искусственному старению, так как в противном случае с течением времени в эксплуатации происходит рост внутреннего сопротивления столбиков, что может явиться причиной нарушения точности градуировки некоторых приборов.

Стабилизация питающего напряжения требуется не во всех случаях. Она не нужна, например, в схеме омметра, где предусмотрена специальная регулировка. Не имеет также смысла стабилизация всего блока питания, так как в этом случае потребуются мощные стабилизаторы. Лучше стабилизировать цепи питания отдельных приборов, для чего в большинстве случаев пригодны малые газовые стабилизаторы на 6÷15 *ма* при 140÷240 *в* (см., например, $Л_2$ на фиг. 11). Такие газовые стабилизаторы благодаря малому внутреннему сопротивлению обеспечивают еще и лучшую фильтрацию выпрямленного напряжения.

При расчете схем газовых стабилизаторов исходят из следующих соображений. Подводимое к стабилизатору напряжение должно быть в 1,5 раза выше напряжения зажигания стабилизатора. Не следует потреблять выпрямленный ток, более чем в 3 раза превышающий средний ток стабилизатора. Если ток потребления выше, надо выбирать стабилизатор большей мощности.

Если обозначить напряжение зажигания (которое приблизительно равно рабочему напряжению устройства) через $U_в$, напряжение питания — через U_0, средний ток стабилизатора — через I_c, а рабочий ток — через $I_в$, то ве-

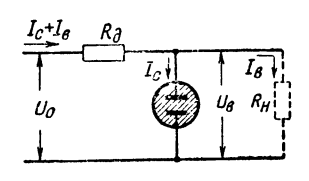
личину последовательного сопротивления $R_д$ можно подсчитать по формуле (фиг. 49)

$$R_д = \frac{U_0 - U_в}{I_c + I_в}$$

(если I_c и $I_в$ в миллиамперах, то $R_д$ получится в килоомах).

Мощность сопротивления $R_д$ определяется произведением $(I_c + I_в)$ на $(U_0 - U_в)$. Сопротивление включается непосредственно после дросселя и конденсатора фильтра.

Применение барретеров во входной цепи трансформатора позволяет одновременно стабилизировать и цепи накала, однако в большинстве случаев можно обойтись и без них.



Фиг. 49. К расчету защитного сопротивления ($R_д$) схемы газового стабилизатора.

В таких же случаях, например, как в схеме чувствительного лампового вольтметра с компенсацией тока покоя, когда нельзя отказаться от стабилизации тока накала, рекомендуется применять феррорезонансные стабилизаторы. Такая схема стабилизации приведена на фиг. 15. В этой схеме трансформатор с большой индуктивностью в области насыщения мало изменяет свое выходное напряжение (в известных пределах) при колебаниях тока. Последовательно с сильно насыщенным трансформатором обычно включается слабо насыщенный дроссель (с зазором). Такие схемы позволяют уменьшить колебания напряжения более чем в 10 раз. Обмотки $U_{ак}$ и $U_{нк}$ (по фиг. 15) являются компенсационными; они значительно улучшают качество стабилизации. Эти обмотки надо выполнять с большим числом отводов для настройки стабилизатора.

Следует отметить, что феррорезонансные стабилизаторы создают выходное переменное напряжение, богатое гармониками, поэтому иногда приходится принимать меры для их фильтрации. Кроме того, насыщенный трансформатор и дроссель с зазором создают значительные поля рассеяния, от действия которых надо защищать детали испытательных схем (соответствующим размещением и экранировкой).

Величины индуктивностей и емкостей фильтров приведены в схемах. Можно отметить следующие общие основные указания при выборе L и C. Величина C определяется выбранной схемой выпрямления и величиной нагрузки. Боль-

шая нагрузка требует лучшего качества фильтрации, т. е. бо́льших величин L и C. Однополупериодная схема требует бо́льших L и C, чем двухполупериодная, так как в последнем случае частота пульсаций в 2 раза выше. Полупроводниковые выпрямители (селеновые) тоже требуют усиленной фильтрации.

Величина допустимого фона зависит от рода измерительной схемы. В некоторых случаях бывает достаточно применения всего лишь одного зарядного конденсатора после выпрямителя без фильтрующих цепочек.

3. МЕЖДУЛАМПОВЫЕ, ВЫХОДНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Конструкции силовых трансформаторов и дросселей низкой частоты много раз описывались в радиолюбительской литературе, и изготовление их не вызывает особых затруднений. Несколько сложнее обстоит дело с самостоятельным изготовлением трансформаторов тока и напряжения, а равно междуламповых и выходных трансформаторов, которые требуют значительной заботы и внимания. Особо это относится к специальным трансформаторам, например к согласующему автотрансформатору измерителя полных сопротивлений.

Этот автотрансформатор с параллельно подключенным к нему конденсатором емкостью около 1 000 *пф* образует контур, настроенный на частоту 800 *гц*, который должен по возможности обладать высоким резонансным сопротивлением. Потери в автотрансформаторе должны быть невелики. Желательно, чтобы сечение сердечника автотрансформатора было достаточно большим. В этом случае уменьшается необходимое число витков и на каркасе легко разместить обмотку из более толстого провода, что обеспечивает уменьшение активного сопротивления обмотки. Кроме того, увеличенное сечение сердечника приводит к уменьшению потерь в стали.

Примерные данные обмоток автотрансформаторов для двух моделей измерителей полных сопротивлений по схеме фиг. 75 приведены в табл. 1.

Для модели № 1 была применена трансформаторная сталь повышенного качества толщиной 0,35 *мм*, а для модели № 2 — специальное железо с высокой проницаемостью толщиной 0,35 *мм*. Сердечники были выполнены без зазоров. Лучшие результаты были получены с моделью № 2. Рекомендуется возможно лучше изолировать друг от друга

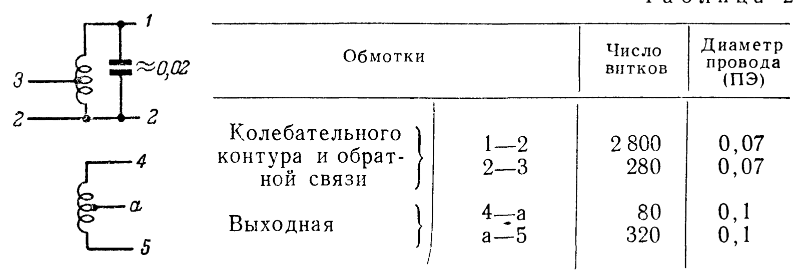
Таблица 1

Сечение сердечника	Модель № 1		Модель № 2	
	6,0 $см^2$		7,0 $см^2$	
Обмотки:	Число витков	Диаметр провода (ПЭШО)	Число витков	Диаметр провода (ПЭШО)
0—1	28	0,2	20	0,3
1—2	252	0,12	180	0,2
2—а	633	0,1	443	0,15
а—3	1 915	0,1	1 577	0,1

стальные пластины сердечника и ограничить до минимума число витков. Обмотка должна быть выполнена так, чтобы рассеяние было минимальным.

Сердечники трансформаторов низкой (звуковой) частоты должны быть выполнены из высококачественной тонкой стали. Сердечник для контурного трансформатора генератора на 800 *гц* (см. фиг. 75) выполняется с зазором из пластин толщиной 0,35 *мм*; сечение сердечника 2,4 $см^2$. Данные обмоток приведены в табл. 2.

Таблица 2



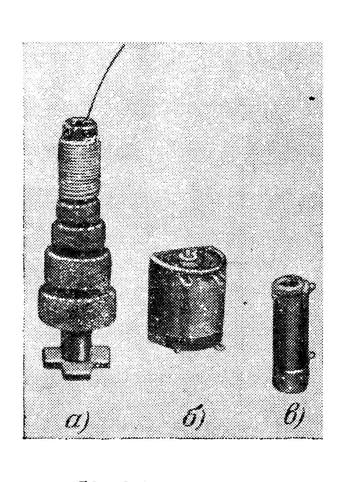
Обмотки		Число витков	Диаметр провода (ПЭ)
Колебательного контура и обратной связи	1—2	2 800	0,07
	2—3	280	0,07
Выходная	4—а	80	0,1
	а—5	320	0,1

4. ДРОССЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ЭКРАНИРОВАНИЕ

Генератор высокой частоты (его контуры и лампу) рекомендуется тщательно экранировать, а провода питания цепей накала и анода — защищать высокочастотными фильтрами (фиг. 71). Одно- и двухзвенные фильтры высокой частоты в отдельных экранах приходится применять также в цепи питания первичной обмотки сетевого трансформатора.

Все экранированные дроссели высокой частоты следует соединять через безиндукционные конденсаторы на корпус экрана или общую точку заземления. Провода, соединяющие конденсатор с дросселями и экраном, должны быть как можно короче.

Намотка дросселей должна быть выполнена таким образом, чтобы дроссель обладал малой емкостью и максимальной индуктивностью. Практически дроссели выполняются секционированной намоткой типа «универсаль» для всех диапазонов, кроме коротких волн. Для диапазона коротких волн лучше всего воспользоваться однослойной намоткой с принудительным шагом. Дроссели с сердечниками из высокочастотного железа требуют меньшего числа витков и экранов меньших размеров. Диаметр проводов сетевых дросселей высокой частоты не должен быть слишком мал. В описанных далее конструкциях применен провод диаметром 0,4 *мм.*



Фиг. 50. Образцы дросселей высокой частоты.

а — малоемкостный, *б* — с большой индуктивностью; *в* — коротковолновый для цепи накала.

Дроссели цепей накала изготовляются из провода диаметром 0,4 *мм* и содержат 30 ÷ 40 витков на каркасе из гетинаксовой трубки диаметром 10 *мм*. Образцы высокочастотных дросселей показаны на фото фиг. 50.

Осуществление правильного и дающего хорошие результаты экранирования отдельных цепей является сложной задачей. Экранирующий кожух генератора высокой частоты лучше всего разместить изолированно от металлической передней стенки устройства. Конденсатор переменной емкости колебательного контура генератора должен быть так смонтирован в кожухе, чтобы наружу выходил только небольшой конец оси, на которую надевается изолирующая втулка. С этой втулкой в свою очередь скрепляется ось шкалы, расположенной на передней стенке прибора. Рядом с экраном генератора высокой частоты следует расположить экран делителя напряжения или выходной регулирующей ламповой схемы. Внутри экрана лампового регулятора надо при помощи дополнительного экрана тщательно отделить цепи сет-

ки от цепей анода лампы (см. фиг. 28). Если после лампового регулятора следует ступенчатый делитель напряжения, то рекомендуется и его поместить в отдельный экран в непосредственной близости от лампового регулятора. На выходе делителя делается соединение с передней панелью. Заземление всех экранирующих кожухов производится при помощи экранированного провода от первого кожуха к следующему.

В качестве материала для экранов можно использовать алюминий. Лучшие результаты дает применение меди. Иногда употребляют омедненную сталь.

Выводы дроссельных концов закрывают экранирующими колпачками. Конденсаторы фильтров высокой частоты лучше взять проходные.

5. КОНДЕНСАТОР ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ, ЕГО ПРИВОД И ШКАЛА

Чтобы обеспечить постоянство градуировки генератора высокой частоты или другого измерительного устройства, применяемые в них конденсаторы переменной емкости должны быть высокого качества. Большинство встречающихся в продаже одинарных конденсаторов (так называемых «радиолюбительских») для наших целей непригодны. Лучше взять агрегат сдвоенных конденсаторов, хотя они имеют бо́льшие размеры и занимают больший объем, чем одинарные. Ось сдвоенных конденсаторов благодаря увеличенному расстоянию между подшипниками имеет малый люфт.

Следует выбирать конденсатор с максимальной емкостью не менее 550 *пф*. При меньшей емкости увеличивается число потребных поддиапазонов.

Выбор типа приводного механизма для вращения оси конденсатора зависит от выбранного типа шкалы. Так, например, для дисковых шкал применяют тросик с коэффициентом передачи 1 : 4, а для барабанных шкал пользуются накаткой по окружности.

Дисковая шкала требует меньше места для своего размещения и позволяет лучше использовать объем. Барабанная шкала дает зато лучший обзор, так как отдельные шкалы на барабане имеют одинаковую длину. Накатка по окружности в барабанных шкалах служит и верньерным устройством; недостаточное замедление чувствуется только на коротковолновом диапазоне. В своих последних моделях автор отдавал предпочтение барабанным шкалам (см. фото фиг. 74).

Так как для размещения барабанной шкалы приходится вырезать в передней панели окно сравнительно больших размеров, то экранировка генератора, делителя и других элементов схемы должна быть выполнена особо тщательно, как это было описано выше, т. е. в отдельных кожухах.

6. КОНТУРНЫЕ КАТУШКИ И ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Чем меньше число поддиапазонов, тем проще может быть конструкция переключателя.

Самый простой переключатель должен, однако, позволить осуществить переключение минимум на три положения (для длинных, средних и коротких волн). В комбинированных устройствах, как, например, для модели № 2, весь диапазон 0,1—20 *мггц* разделен на пять поддиапазонов.

Если учитывать предстоящее развитие у. к. в. вещания, то общий диапазон испытательного устройства придется расширить до 50 *мггц*, а число поддиапазонов — до шести. Большие заботы причинят также механическое изготовление деталей и экранировка.

Индуктивность катушек для отдельных поддиапазонов можно подсчитать по формуле

$$L = \frac{25\,300}{Cf^2},$$

где L — в *мкгн*, C — в *пф* и f — в *мггц*.

Отношение максимальной частоты поддиапазона к минимальной пропорционально корню квадратному из отношения конечной емкости конденсатора к начальной:

$$n = \frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \sqrt{\frac{C_{макс}}{C_{мин}}}.$$

Практически удается обычно получить отношение минимальной емкости контура к максимальной, равное 1 : 9. При таких условиях отношение частот поддиапазона равно 1 : 3.

Взяв по условию конденсатор переменной емкости с максимальной емкостью 550 *пф*, мы может считать, что начальная емкость конденсатора плюс емкости монтажа, лампы, переключателя и собственной емкости катушки не должны превосходить 60 *пф*. Для того чтобы сделать градуировку не зависящей от смены ламп или изменения емкостей монтажа, рекомендуется приключать параллельно

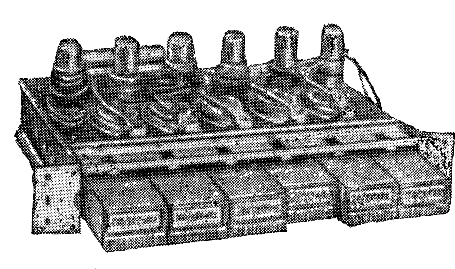
конденсатор такой емкости, которая позволит пренебречь неточностью учета значений этих паразитных емкостей. Полезно также применение температурной компенсации изменения емкости. При тщательном монтаже и разумном размещении деталей колебательного контура (удалении их от соседства с нагревающимися в работе деталями) можно добиться и без применения температурной компенсации емкости постоянства частоты до 1%.

Из осторожности, учитывая увеличение собственной емкости контурных катушек длинноволнового диапазона, рекомендуется для n принимать значение, несколько меньше трех.

В табл. 3 приведены данные катушек для генератора высокой частоты на лампе EF12 в схемах фиг. 71 и 78.

Таблица 3

Диапазон частот	$n = \frac{f_{макс}}{f_{мин}}$	Катушка колебательного контура			Катушка обратной связи	
		Индуктивность (*мкгн*)	Число витков	Провод	Число витков	Провод
100÷280 *кгц* . . .	2,8	4 800	555	3×0,07	165	3×0,07
270÷780 *кгц* . . .	2,85	610	210	6×0,07	70	6×0,07
750÷2 250 *кгц* . .	2,9	76	60	20×0,06	20	20×0,06
2,1÷6,3 *мггц* . .	3	8,5	26	0,4	9	0,4
6÷16 *мггц* . . .	3	1,0	7	1,0	5	0,15



Фиг. 51. Блок контурных катушек с кнопочным переключателем.

Самым лучшим типом переключателя, как уже указывалось, является кнопочный. Контакты переключателей должны быть выполнены из серебра, а качество сборки должно обеспечивать надежную эксплуатацию. Образец блока контурных катушек, смонтированных на кнопочном переключателе, приведен на фото фиг. 51. Можно с успехом воспользоваться и галетным переключателем с ножевыми контактами (по типу, применяемому в хороших радиоприемниках).

Закорачивание неработающих секций (катушек) требуется в том случае, если параллельно этим катушкам подключены емкости, как, например, в схеме фиг. 78.

Все самодельные катушки после их предварительной проверки следует (до градуировки прибора) покрыть высокочастотным влагозащитным лаком (например, полистироловым). Градуировку можно начать только после того, как хорошо просохнет лак.

7. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Конструирование и изготовление регулируемых высокочастотных делителей напряжения являются самой сложной частью задачи создания высокочастотной измерительной аппаратуры.

Простейшим регулятором выходного напряжения генератора высокой частоты мог бы служить непроволочный потенциометр, однако в продаже трудно найти такие потенциометры на малое сопротивление. При помощи переменного сопротивления порядка 1 *ком* можно снимать высокочастотное напряжение с сеточной катушки, тем самым отказавшись от отдельной катушки связи, что упрощает переключение поддиапазонов. Дополнив схему добавочным сопротивлением 10—15 *ком* (R_1, фиг. 70), можно получить достаточно хорошее согласование с резонансным сопротивлением колебательного контура в цепи анода.

Лучшие результаты получаются при применении потенциометра, на 100÷200 *ом*, однако в этом случае необходимо предусмотреть для каждого поддиапазона отдельные катушки связи с контуром в анодной цепи. В зависимости от диапазона и выбранной величины связи такие катушки должны иметь 2—20, а для поддиапазона длинных волн — до 50 витков.

С потенциометра напряжение подается на декадный делитель, составленный из непроволочных сопротивлений. Величины сопротивлений приведены на схемах (см. фиг. 66 и 70). Все сопротивления желательно взять малогабаритными с очень короткими выводами с целью уменьшения паразитной емкости на землю.

В случае, если к измерительному устройству предполагается добавить выносной пробник, можно хорошо скомбинировать с ним делитель напряжения. Высокочастотное напряжение от генератора отбирается при помощи катушки связи через последовательное сопротивление

50 *ом* и шунтирующее сопротивление 100 *ом* (см. фиг. 66). Этим осуществляется возможность согласования с кабелем, имеющим волновое сопротивление $Z = 60 \div 100$ *ом*. Напряжение на входе пробника составляет около 1 *в*. В анодную цепь лампы пробника (EBF11) включено нагрузочное сопротивление $R_a = 1$ *ком*. Параллельно R_a через конденсатор $C_1 \doteq 5\,000$ *пф* подключается декадный делитель, составленный из последовательных сопротивлений R_1, R_2, R_3 и R_4, примерно по 100 *ом* каждое (за исключением $R_1 = 900$ *ом*) и параллельных сопротивлений R_5, R_6 и R_7, примерно по 10 *ом* каждое. Соблюдение точных значений величин сопротивлений, указанных на схемах, не обязательно. Важно только обеспечить, чтобы ослабление, даваемое каждой ступенью, было равно десяти.

С лампой EBF11 в качестве регулятора напряжения можно получить плавное изменение напряжения, подаваемого на декадный делитель от 0,1 до 1,0 *в*. Детектирование осуществляется правым диодом лампы (см. схему фиг. 66), включаемым параллельно R_a через конденсатор C_2 емкостью около 10 000 *пф*. Величину емкости этого конденсатора можно подсчитать по формуле

$$C = \frac{10^{12}}{fR},$$

где C — в *пф*, f — в *гц* (низшая частота диапазона) и R — в *ом*. Второй (левый) диод использован для осуществления компенсации тока покоя. Хотя некоторая потеря чувствительности и неизбежна, все же легко получить отклонение стрелки микроамперметра на полную шкалу при 1 *в*.

На фиг. 60 показано конструктивное выполнение такого пробника. Можно, конечно, отказаться от применения отдельного микроамперметра и воспользоваться для индикации стрелочным прибором лампового вольтметра основного устройства, что, однако, несколько менее удобно.

Описанный делитель позволяет получать на выходе калиброванное высокочастотное напряжение $10^{-1} - 10^{-4}$ *в*.

8. СТРЕЛОЧНЫЙ ПРИБОР И ЕГО ШКАЛА

Чувствительность стрелочных приборов, используемых в комбинированных испытательных устройствах, указана на схемах устройств.

Эти стрелочные приборы должны иметь шкалы больших размеров, чтобы на них удобно можно было нанести несколько отдельных градуировок.

Отдельные шкалы удобнее различать, если деления, оцифровка и надписи выполнены цветными красками, причем цвета должны соответствовать цветным обозначениям на переключателе рода работы или переключателе диапазонов. Применение графиков градуировок в условиях ремонтной практики менее удобно, хотя и может обеспечить бóльшую точность измерений.

Деления шкал должны быть четкими; оцифровку лучше делать реже, но крупными знаками, что значительно облегчает отсчет. Если разные шкалы различаются только коэффициентом перевода, то оцифровку надо дать на минимальной шкале, с тем чтобы соответствующие значения на других шкалах получить умножением на коэффициент перевода (а не делением).

9. НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, ЗАЖИМЫ И ГНЕЗДА

Расположение различных выключателей и переключателей низкой частоты определяется только удобством пользования. Это же относится и к многочисленным гнездам и зажимам. При выборе типа переключателей приходится исходить из числа контактов и размеров переключателя, а при выборе места для их расположения — из соображений удобства и доступности подключения к контактам, что важно не только для монтажа, но и для осмотра и ремонта в процессе эксплуатации.

10. СХЕМА ПИТАНИЯ И ЭКРАНИРОВКА ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ

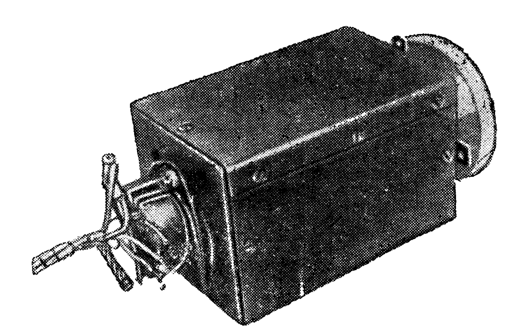
Технические подробности, касающиеся устройства электроннолучевых осциллографов, много раз описывались в литературе, и мы остановимся здесь только на некоторых вопросах схемы питания трубки и ее экранировки.

Для защиты от внешних магнитных полей электростатическую электроннолучевую трубку надо поместить в экран. В качестве экрана может служить цилиндрическая труба или прямоугольный кожух из стали толщиной 3 ÷ 4 *мм,* или две входящие одна в другую трубы из стали толщиной 1 ÷ 2 *мм.*

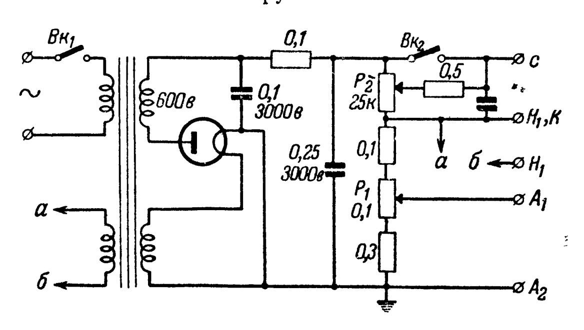
На фиг. 52 представлен один из вариантов конструкции такой экранировки. На задней стенке кожуха смонтирован

цоколь трубки, причем предусмотрена возможность поворота цоколя вокруг оси трубки на $\pm 30^\circ$, с тем чтобы иметь возможность правильно ориентировать изображение на экране трубки.

Схема питания трубки приведена на фиг. 53. Потенциометр P_1 предназначен для фокусировки луча, а P_2 — для управления яркостью. Оси этих потенциометров можно не



Фиг. 52. Магнитный экран электроннолучевой трубки.



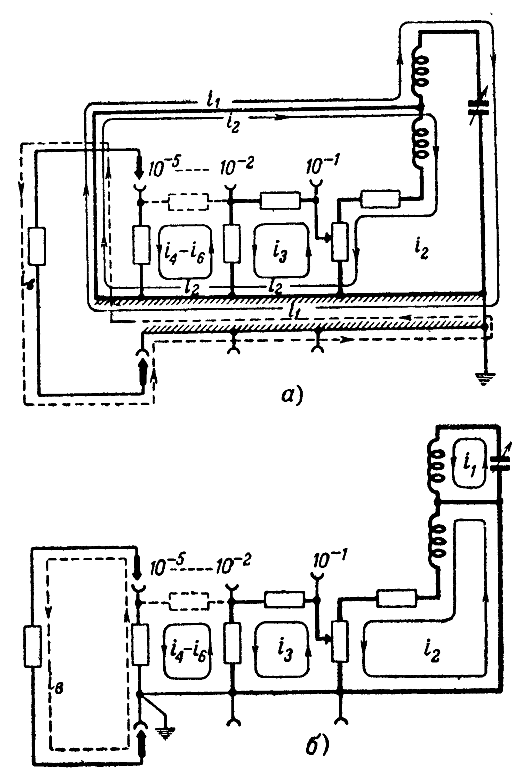
Фиг. 53. Схема блока питания электроннолучевой трубки.

выводить на переднюю панель и снабдить их можно не ручками, а шлицами под отвертку. Выключатель $В_{к2}$ позволяет гасить луч, не выключая источника питания.

11. МОНТАЖ И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Прежде чем приступить к монтажу, рекомендуется составить тщательно разработанную монтажную схему, уделив особое внимание наивыгоднейшему размещению монтажных проводов. О необходимости соблюдения кратчайших рассто-

яний для всех проводов, по которым текут токи высокой частоты, уже упоминалось выше. Если окажется, что некоторые детали размещаются так, что обзор их затруднен, то следует перегруппировать детали и найти наиболее выгодное решение, при котором длина монтажных проводов не



Фиг. 54. Примеры правильного (*б*) и неправильного (*а*) выбора точки заземления в схеме делителя напряжения в. ч.

увеличивается заметно, а детали становятся доступными для осмотра и ремонта. Значение этой работы ни в коем случае не следует недооценивать.

Еще важнее правильно выполнить «заземление» отдельных элементов схемы. Особого внимания требует заземление высокочастотных цепей. При этом следует учитывать, что нулевую точку необходимо располагать у выхода высокочастотного напряжения. Экраны генератора высокой часто-

ты, высокочастотных дросселей и делителей напряжения только тогда полностью выполняют свою роль, если удается избежать значительных токов по общим шинам заземления, экранам и шасси. Наибольшие трудности в этом смысле создает монтаж высокочастотных делителей напряжения.

На фиг. 54,*а* показан пример неправильного, а на фиг. 54,*б* — правильного монтажа элементов генератора высокой частоты и его делителя напряжения. Как видно из фиг. 54,*а*, вследствие неправильного выбора точки заземления через заземляющую цепь (шасси) течет не только ток нагрузки $i_в$, но и значительно бо̀льшие по величине (в десятки, сотни и тысячи раз) токи $i_3 \div i_6$, что приводит к значительному ухудшению работы делителя.

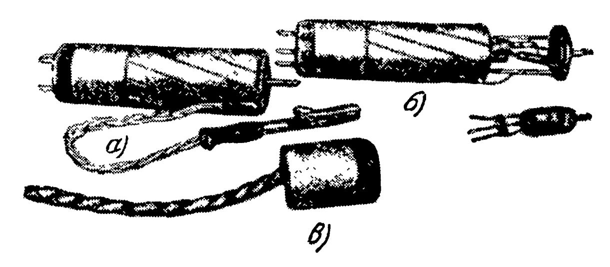
На фиг. 54,*б* токи в отдельных цепях делителя распространяются внутри каждого звена делителя по кратчайшим путям и не создают участков, где могли бы образоваться нежелательные падения напряжения.

12. ВЫНОСНЫЕ ПРОБНИКИ И ПРИСТАВКИ

Выносные пробники, применяющиеся обычно с ламповыми вольтметрами, весьма целесообразно использовать и в комбинированных устройствах для обнаружения повреждений в радиоаппаратуре. Назначение таких пробников, как уже было упомянуто выше, — сделать как можно более коротким соединение входных цепей высокочастотной измерительной аппаратуры с проверяемым объектом. Короткие соединительные провода уменьшают потери подводимого высокочастотного напряжения и расстройку испытываемых колебательных контуров. Очевидно, что эти соображения накладывают определенные требования на конструкцию выносных пробников. Пробники должны быть выполнены таким образом, чтобы элементы, подающие высокочастотное напряжение, обладали минимальной емкостью и весь пробник был хорошо защищен от воздействия внешних электрических полей. Конструкция пробника в значительной степени зависит от типа применяемой в нем лампы. Наиболее целесообразно применение малогабаритных ламп, в частности ламп типа «желудь». Внешний вид двух выносных пробников приведен на фиг. 55. В одном из них использована лампа типа SA100, которая предназначена для работы в диапазоне у. к. в. и обладает очень малой входной емкостью (см. приложение 2). В случае, если комбинированное испытательное устройство не рассчитано для рабо-

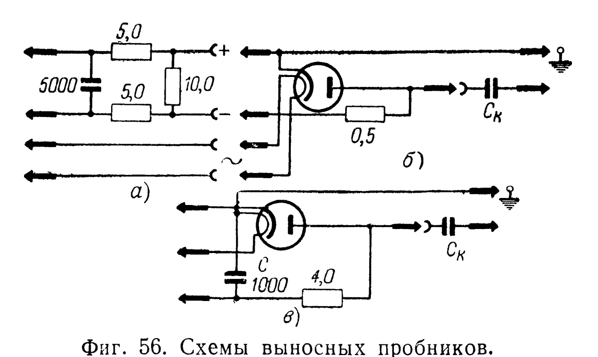
ты в диапазоне у. к. в., можно в пробниках применить и обычные диоды (EB11 или AB2), однако в этом случае, очевидно, размеры пробников несколько увеличиваются.

Для того чтобы можно было воспользоваться пробником и для измерений постоянного тока, его рекомендуется выполнить составным из двух частей. В нижней части разме-



Фиг. 55. Внешний вид диодных выносных пробников.

а — пробник на лампе SA100; *б* — пробник на лампе EA50; *в* — фильтр постоянного тока.



Фиг. 56. Схемы выносных пробников.

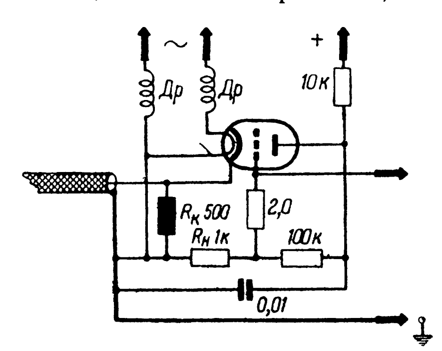
а — симметричный фильтр постоянного тока; *б* — диодный пробник-приставка; *в* — диодный пробник с несимметричным фильтром.

щается фильтр, схема которого приведена на фиг. 56,*а*. (Внешний вид фильтра см. фиг. 55,*в*). В пластмассовой крышке фильтра замонтированы четыре гнезда, при помощи которых фильтр подключается к диодному пробнику (фиг. 55,*а* или *б*). Гнезда на фильтре и вилки на пробнике надо расположить таким образом, чтобы была исключена возможность неправильного подсоединения фильтра к пробнику.

Схема диодного пробника для совместной работы с симметричным фильтром приведена на фиг. 56,*б*.

Фильтр можно разместить и в основном устройстве, где он будет служить только для измерений в цепях постоянного тока; тогда выносной диодный пробник выполняется по схеме фиг. 56,*а*.

Если не предполагаются измерения постоянного тока при помощи выносного пробника, то надобность в симметричном фильтре отпадает и схема пробника может быть упрощена, как показано на фиг. 56,*в*.



Фиг. 57. Схема простейшего выносного триодного пробника на катодном повторителе.

Конструкция триодных выносных пробников не отличается от конструкции диодных. Необходимо только обратить внимание на устройство соединительных проводов от пробника к основному прибору. Для этой цели следует применить высокочастотные малоемкостные экранированные кабели, т. е. кабели, обладающие большим волновым сопротивлением $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$*. Высокочастотный кабель должен иметь отдельную экранированную вилку. Подводку питания можно выполнить трехпроводным шнуром с отдельной колодкой.

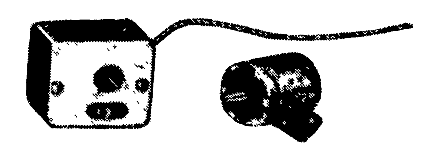
Схема триодного выносного пробника показана на фиг. 57 и представляет собой катодный повторитель. Как видно из схемы, на сетку лампы задано небольшое положительное смещение, которое необходимо, чтобы обеспечить работу лампы на прямолинейном участке характеристики. Это положительное напряжение компенсирует частично избыток отрицательного смещения, создаваемого на катодном сопротивлении $R_к$. Положительное смещение не должно быть слишком велико, так как в противном случае появятся сеточные токи, которые вызовут уменьшение входного сопротивления и заметные нелинейные искажения. При больших значениях сопротивления $R_к$ можно заметно уменьшить все виды искажений, вносимых

* Экранированные медной оплеткой кабели при распределенной емкости 80 *пф/м* имеют $Z \approx 65$ *ом*, при 46 *пф/м* $Z \approx 105$ *ом*. Лучше всего применить плоские телевизионные кабели с $Z = 300$ *ом*.

этим каскадом, но при этом следует одновременно увеличивать сопротивление $R_н$.

Внешний вид одного из триодных пробников (размерами 50×40×35 *мм*) на лампе типа «желудь» (4675) приведен на фиг. 58.

Для измерений коротковолновой аппаратуры оказался полезным весьма чувствительный выносной пробник по схеме фиг. 59. При наличии отдельного стрелочного прибора такой пробник может быть выполнен, как показано на фиг. 60.

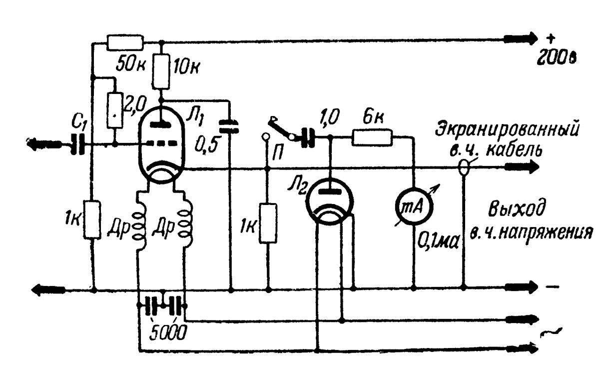


Фиг. 58. Внешний вид триодного пробника по схеме фиг. 57 на лампе типа „желудь".

Справа — емкостная приставка по схеме фиг. 61.

Для работы в диапазоне до 20 *мггц* нет нужды выносить детектор ($Л_2$ на фиг. 59) в пробник; его можно легко разместить в основном устройстве, и тогда конструкция выносного пробника значительно упрощается.

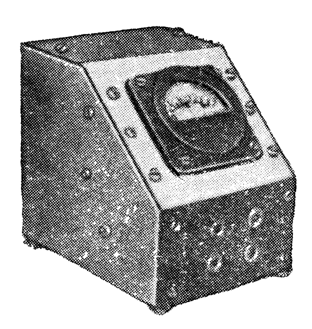
Чувствительность приведенных схем выносных пробников настолько велика, что они в состоянии обнаружить высокочастотное напряжение на расстояниях 1—10 *см* от источника без непосредственного контакта. Чтобы уменьшить влияние внешних паразитных полей, безусловно необходима тщательная экранировка конденсатора связи. Емкость конденсатора C_1 для измерений на высокой частоте равна 1—5 *пф*, а для измерения на низкой частоте — 5 000 *пф*.



Фиг. 59. Схема выносного пробника с диодом в цепи катода для работы в диапазонах к. в. и у. к. в.

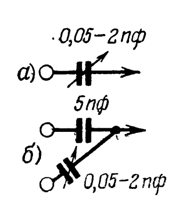
Очень полезны в комплекте с комбинированной высокочастотной испытательной аппаратурой некоторые дополнительные приставки.

Емкостные приставки выполняются по схемам фиг. 61,*а* и *б* и конструктивно могут быть оформлены, как показано на фиг. 58. Они содержат маленькие переменные конденсаторы емкостью до 2 *пф*. Конструкция этих конденсаторов должна допускать возможность получения минимальной емкости от 0,05 *пф*. При испытании контуров (LC_x) выносной пробник по возможности вплотную приближают к испытываемому контуру, и тогда при помощи переменного конденсатора приставки можно подобрать настолько слабую связь с генератором высокой частоты, чтобы получить лишь достаточно заметное отклонение стрелки индикатора.



Фиг. 60. Внешний вид выносного пробника со стрелочным прибором.

Весьма практичной оказалась «кварцевая» приставка в соединении с триодным выносным пробником по фиг. 57. Схема приставки и график зависимости анодного тока от частоты приведены на фиг. 62. Анодный контур настраивается на частоту, несколько более высокую, чем частота кварца, так как при резонансе колебания резко срываются (фиг. 62,*б*). Настройку контура можно выполнить при помощи полупеременного конденсатора или высокочастотного железного сердечника в катушке индуктивности *L*. В качестве индикатора настройки хорошо применить миллиамперметр, включенный последовательно с контуром в точках *а* и *б*. Настройку можно вести как на основной частоте кварца, так и на второй гармонике (фиг. 62,*б*).



Фиг. 61. Схемы емкостных приставок.

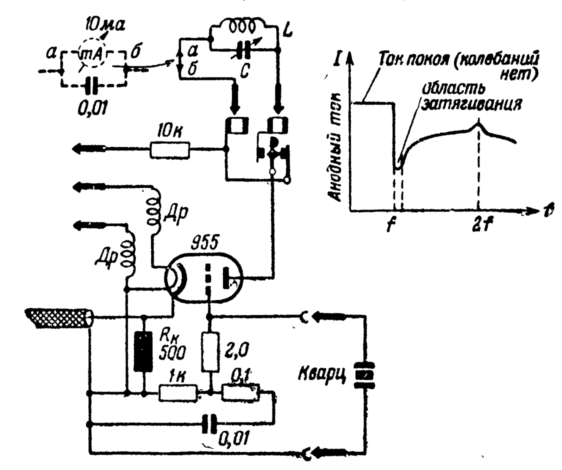
а — для измерений частоты (f_x); *б* — для испытаний контуров (LC_x) и измерений резонансных сопротивлений (R_0).

Величина индуктивности *L* контура при емкости конденсатора $C = 500$ *пф* для наиболее употребительных кварцев приведена в табл. 4.

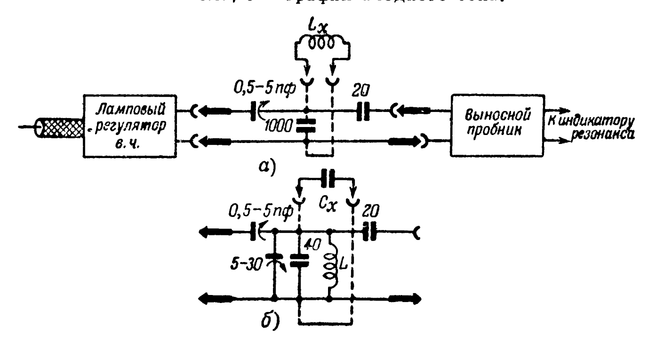
Для измерений индуктивностей катушек (L_x) и емкостей конденсаторов (C_x) при помощи выносных пробников

Таблица 4

f кварца	100 *кгц*	468 *кгц*	1 *мггц*
Для основной частоты	5 *мгн*	200 *мкгн*	50 *мкгн*
Для 2-й гармоники	1,3 *мгн*	60 *мкгн*	13 *мкгн*



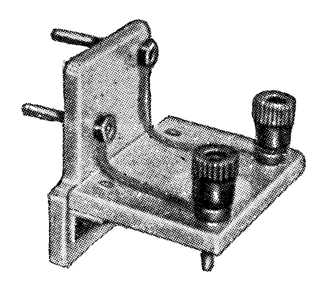
Фиг. 62. Кварцевая приставка к выносному пробнику.
а — схема; *б* — график анодного тока.



Фиг. 63. Схема промежуточных приставок к выносным пробникам.
а — для измерения индуктивности (L_x); *б* — для измерения емкости (C_x).

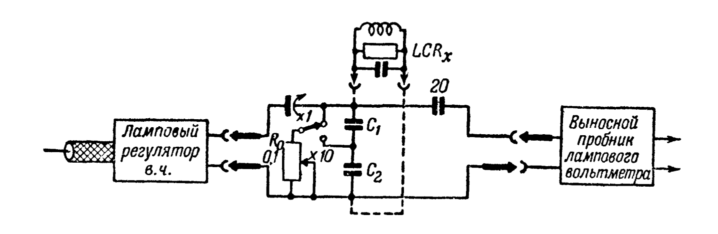
могут оказаться полезными промежуточные приставки по схемам фиг. 63. Кроме того, для испытания катушек индук-

тивности целесообразно иметь приставку, выполненную в виде столика (фиг. 64), подключаемую параллельно к конденсатору переменной емкости высокочастотного измерительного устройства при помощи гнезд, выведенных на переднюю стенку прибора (см. фиг. 72).



Фиг. 64. Внешний вид приставки для измерения индуктивности катушек.

Для измерений резонансного сопротивления контуров при помощи эталонного сопротивления можно сделать промежуточную приставку по схеме фиг. 65. Конденсаторы C_1 и C_2 должны быть воздушными, с возможно меньшими потерями. Чтобы обеспечить легкость пересчета значений шунтирующего сопротивления по эталону R_0 на разных диапазонах, надо достаточно точно подобрать значения емкостей конденсаторов C_1 и C_2. Чтобы иметь возможность осуществить градуировку на постоянном токе и обеспечить независимость ее от частоты, для резонансных сопротивлений 10—100 *ком* применяют непосредственное параллельное подключение R_0, а для сопротивлений 100—1 000 *ком* — включение через емкостный



Фиг. 65. Схема приставки для определения резонансных сопротивлений (R_0) контуров (LCR_x) при помощи эталонного сопротивления.

делитель, обеспечивающий пересчет с отношением 1 : 10. Для этой цели используется непроволочный потенциометр на 100 *ком*.

Для выбранного значения коэффициента трансформации $n = 10$ соотношение емкостей равно $\sqrt{n} = 3{,}16$.

Конденсатор C_2 должен иметь такую величину, чтобы общая емкость последовательно соединенных C_1 и C_2 по отношению к C_2 составила 1 : 3,16:

$$C_2 : \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \sqrt{n},$$

откуда для $n = 10$ получаем: $C_1 = \frac{C_2}{2,16}$.

Так как общая емкость $C_1 + C_2$ не должна быть менее 70 *пф*, то $C_1 = 102$ *пф* и $C_2 = 220$ *пф*. В емкость C_2 входит также собственная емкость потенциометра R_0, который поэтому должен иметь минимально возможные габариты, малую емкость проводящего слоя на землю (не следует применять экранирования) и высокое сопротивление изоляции. В одном из крайних положений движка потенциометра должен иметь место обрыв цепи ($R_0 = \infty$), который можно осуществить, наклеив, например, поверх проводящего слоя тонкую изолирующую пластинку.

Градуировку шкалы потенциометра можно выполнить при помощи эталонных сопротивлений или магазина сопротивлений.

Следующие два устройства, хотя они и не являются выносными пробниками, должны, однако, конструктивно быть таким образом оформлены, чтобы обладать минимальными размерами.

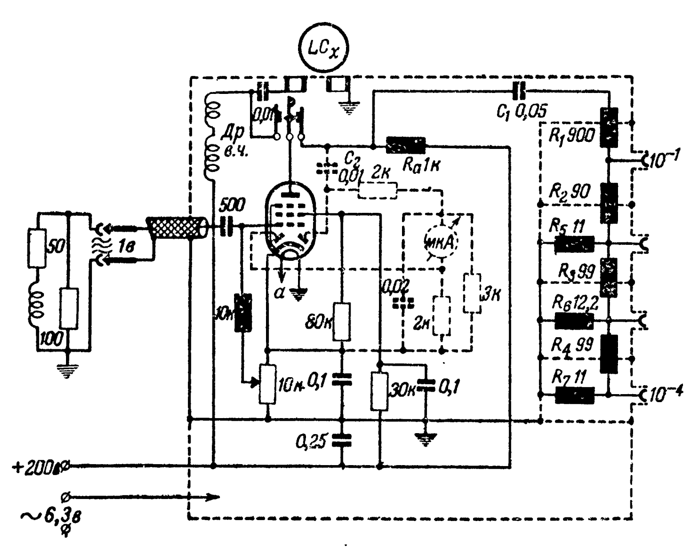
На фиг. 66 приведена схема для подачи высокочастотного напряжения к испытываемому колебательному контуру, позволяющая осуществить регулировку выходного напряжения генератора высокой частоты и описанная уже на стр. 77. Делитель напряжения (сопротивления $R_1 \div R_7$) может быть смонтирован на шасси или же сделан выносным с расчетом на подключение при помощи вилок. Лампа типа EBF11.

На фиг. 67 приведена схема измерителя резонансных сопротивлений, который конструктивно может быть оформлен так же, как и выносной пробник, показанный на фото фиг. 60. При проверке радиоприемника эта схема позволяет быстро получить ответ о качестве контуров. Если не считаться с затратами на лампы, то схема фиг. 67 значительно проще в налаживании и пользовании, чем внешне простая схема фиг. 65.

Принцип действия схемы (фиг. 67) рассмотрен в основном выше, на стр. 62. На схеме приведены данные о режиме ламп, которые, естественно, относятся только к использованным автором лампам ($Л_1$ — 955 и $Л_2$ — EF11).

Эти цифры получены в процессе измерения при налаживании прибора (с закороченными гнездами анодного контура LCR_x). Если при налаживании будут обнаружены скачкообразные колебания анодного тока, то их можно убрать, подобрав соответствующим образом положение потенциометра P_1, что в свою очередь потребует регулировки катодного потенциометра P_2.

Градуировка шкалы прибора измерителя резонансных сопротивлений, как видно из фиг. 68, получается нелинейной, что осложняет пользование прибором. Ход кривой

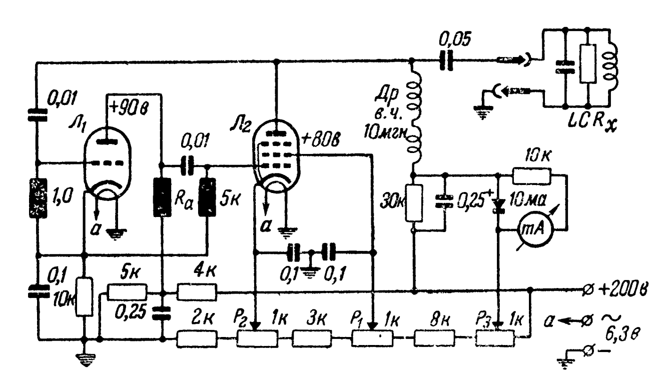


Фиг. 66. Схема прибора для регулировки высокочастотного напряжения при испытаниях контуров (LC_x) с декадным делителем напряжения на выходе.

зависит от коэффициента усиления первой лампы ($Л_1$), который определяется величиной анодного сопротивления R_a. При чувствительности стрелочного прибора 1 *ма* и анодном сопротивлении $R_a = 100$ *ом* получается кривая, изображенная пунктиром, а при $R_a = 30$ *ом*, т. е. небольшом усилении, — сплошная кривая. Для пунктирной кривой изменение R_0 от 60 до 200 *ком* приходится на начальные 8 — 10 делений шкалы. Удается прочесть значения от 60 до 4 *ком*. При R_0 ниже 4 *ком* колебания срываются. Для значений R_0, превышающих 200 *ком*, кривая не по-

казана, так как она идет очень полого. При разомкнутых гнездах LCR_x значение резонансного сопротивления контура, образуемого индуктивностью дросселя и его собственной емкостью, отмечается знаком $R_{0\infty}$, что должно означать, что к выходным гнездам подключено бесконечно большое сопротивление. Эту конечную точку шкалы надо будет контролировать при проверках прибора. Начальную точку шкалы получим, если гнезда LCR_x замкнем накоротко.

Как видно из фиг. 68, при $R_a = 30$ *ом* (сплошная кривая) не удается получить R_0 менее 12 *ком*. Так как контурные катушки коротковолнового диапазона при нали-

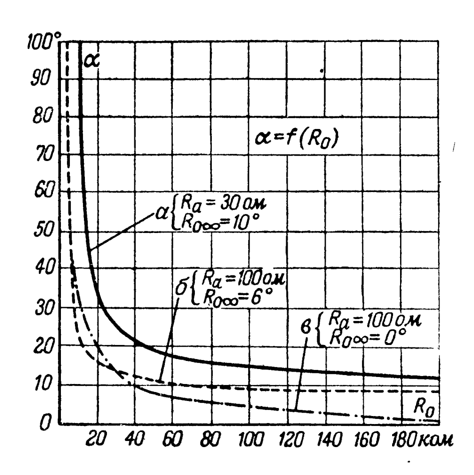


Фиг. 67. Измеритель резонансных сопротивлений контуров (LCR_x) с непосредственным отсчетом и компенсацией анодного тока и ограничителем.

чии большого затухания могут обладать резонансным сопротивлением около 10 *ком*, а обнаружение контуров с чрезмерно большим затуханием является как раз одной из важных задач при ремонте и налаживании приемников, то желательно иметь возможность определять резонансные сопротивления ниже 10 *ком*.

Для этой цели применена схема компенсации анодного тока лампы $Л_2$, аналогичная примененной в схеме фиг. 15 и описанной на стр. 29. При такой компенсации нулю шкалы соответствует $R_0 = \infty$. Применив стрелочный прибор более высокой чувствительности (например, на 0,1 *ма*), можно получить кривую градуировки, изображенную на фиг. 68 штрихом с точкой, что позволяет при $R_a = 100$ *ом* оценить резонансные сопротивления до $R_0 = 4$ *ком*.

Измеритель резонансных сопротивлений можно конструктивно выполнить так, как показано на фиг. 60. В этом случае удается обеспечить минимальные длины соединительных проводов от измерителя до испытываемого контура. Металлический ящичек, в котором смонтирован прибор, имеет зажим, при помощи которого прибор надежно закрепляется на шасси испытываемого приемника вблизи проверяемого контура. Это крепление осуществляет и электрический контакт («заземление») схемы прибора с шасси приемника. Выходные гнезда измерителя монтируются на изоляционной плате из какого-либо высококачественного диэлектрика.



Фиг. 68. Примерные кривые градуировки миллиамперметра в цепи анода схемы фиг. 67.

а и *б* — с прибором на 1 *ма*; *в* — с прибором на 0,1 *ма* и анодной компенсацией.

13. НАЛАЖИВАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ИХ ГРАДУИРОВКА

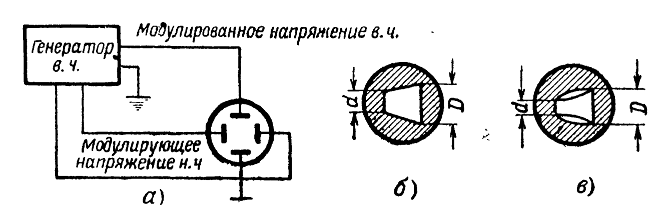
Поскольку методы градуировки много раз описаны в литературе и лицам, занимающимся самостоятельным изготовлением измерительной аппаратуры, хорошо известны, ниже даются только краткие указания по налаживанию и градуировке отдельных блоков комбинированных испытательных приборов.

Градуировка генераторов высокой частоты на любом диапазоне производится сравнением с каким-либо градуированным генератором или же при помощи кварцевых калибраторов.

Прежде чем начать градуировку, необходимо, естественно, произвести проверку работы всех блоков устройства. Следует удостовериться в наличии колебаний генератора в начале и конце каждого поддиапазона, а также в отсутствии паразитной генерации. Если имеется электроннолучевой осциллограф, то полезно также проверить отсутствие искажений формы кривой (для частот до 1 *мггц*). В нали-

чии чрезмерно сильной обратной связи можно убедиться, включив микроамперметр в цепь утечки сетки (в «заземленный» конец сопротивления). Чрезмерная обратная связь вызывает резкие изменения тока. Уменьшить обратную связь можно включением последовательно в цепь сетки сопротивления (безиндукционного) порядка 100÷300 *ом.*

До градуировки полезно также убедиться, что переключатель рода работы при переходе на измерение частоты не вносит заметной расстройки. Для этого рекомендуется проверить крайние точки каждого поддиапазона. Отклонения в 1% можно считать допустимыми.



Фиг. 69. Определение коэффициента модуляции при помощи электроннолучевого осциллографа.

Определение коэффициента модуляции проще всего выполнить при помощи обычного электроннолучевого осциллографа, в котором развертка осуществлена генератором пилообразного напряжения. Измерив масштабной линейкой значение D и d (фиг. 69,*б*), можно коэффициент модуляции определить по формуле

$$M\,\% = \frac{D-d}{D+d}\cdot 100.$$

С упрощенным электроннолучевым осциллографом, описанным ранее (см. стр. 38), измерение коэффициента модуляции можно осуществить, пользуясь схемой фиг. 69. Изображение на экране трубки будет иметь вид, показанный на фиг. 69,*в*, а подсчет значения $M\%$ производится по приведенной выше формуле. При анодной модуляции, которая обычно применяется во всех простейших устройствах, можно определить коэффициент модуляции, измерив вольтметром значение модулирующего напряжения $U_{мод}$. Тогда

$$M\,\% = \frac{U_{мод}}{U_{в}}\cdot 100,$$

где $U_{в}$ — анодное напряжение генератора высокой частоты.

Подгонку частоты звукового генератора с фиксированной настройкой (фиг. 16) производят подбором конденсатора колебательного контура. Одновременно необходимо при помощи осциллографа проверить форму кривой выходного напряжения. Коэффициент обратной связи генератора зависит от резонансного сопротивления, коэффициента связи и усиления, а так как у готового трансформатора нельзя по желанию менять отношение витков, то остается только возможность воздействовать на величину коэффициента обратной связи посредством подбора величины противосвязи по току. Кроме того, необходимо позаботиться, чтобы резонансное сопротивление контура находилось в необходимом соотношении с величиной внешней нагрузки, поэтому конденсатор контура для частоты $f = 800$ *гц* не следует выбирать менее 0,05 *мкф*, а для $f = 400$ *гц* — соответственно 0,1 *мкф*. Значение частоты у таких генераторов с фиксированной настройкой с достаточной степенью точности надо знать только для измерителей полных сопротивлений. Что касается модулирующего устройства генератора высокой частоты, то его частота может быть установлена на слух.

Подгонку частоты можно осуществить при помощи электроннолучевого осциллографа, подавая на пластины горизонтальной оси напряжение от другого генератора с известной частотой или же сетевое напряжение (50 *гц*). Так как в последнем случае отношение частот $50:800 = 1:16$, то расшифровка фигур Лиссажу затруднена. Если вместо сетевого напряжения подать на отклоняющие пластины напряжение от двухполупериодного выпрямителя (до фильтра), то число эллипсов на экране будет равно восьми. В качестве эталона частоты 800 *гц* можно также воспользоваться каким-нибудь музыкальным инструментом или камертоном, применив для акустической связи обычный головной телефон. Напряжение с головного телефона подается в контур генератора низкой частоты через сопротивление 100 *ком* (во избежание индуктивной нагрузки).

Если при проверке при помощи электроннолучевого осциллографа будут обнаружены искажения формы кривой, то для уменьшения их следует увеличить отрицательную обратную связь. Необходимо отметить, что данные звукового трансформатора, приведенные на стр. 72 (см. табл. 1), рассчитаны для схемы с лампой типа EF12 или EF14 в режиме триода. Для других ламп с меньшей крутизной обмотку обратной связи надо несколько увеличить.

В *RC*-генераторах рекомендуется проверить форму кри-

вой напряжения при помощи электроннолучевого осциллографа. Большое внимание приходится уделять уничтожению нежелательных емкостных связей. Градуировку сдвоенного потенциометра лучше всего можно произвести при помощи другого градуированного генератора низкой частоты. Точность градуировки $+10\%$ вполне достаточна.

Настройка в резонанс согласующего трансформатора (Tp_2 на фиг. 5) измерителя полных сопротивлений производится подбором параллельно подключаемых емкостей с таким расчетом, чтобы при разомкнутых входных зажимах измерителя отклонение стрелки прибора было минимальным. Градуировку можно выполнить на среднем поддиапазоне при помощи заранее проверенных активных сопротивлений. Шкала значений емкостных и индуктивных сопротивлений получается расчетным путем. Пренебрегая потерями, можно считать, что полные сопротивления (Z) примерно равны индуктивным, т. е. для емкостей имеем:

$$Z_C \approx X_C = \frac{1}{\omega C},$$

а для индуктивностей

$$Z_L \approx X_L = \omega L;$$

для $f = 800$ *гц*

$$X_C\ (\text{ком}) = \frac{200 \cdot 10^3}{C\ (\text{пф})}, \text{ или } X_C\ (\text{ом}) = \frac{200}{C\ (\text{мкф})};$$

соответственно

$$X_L\ (\text{ком}) = 5L\ (\text{гн}), \text{ или } X_L\ (\text{ом}) = 5L\ (\text{мгн}).$$

Табл. 5 и 6 позволяют упростить выполнение этих расчетов.

Таблица 5

Пересчет реактивных сопротивлений емкостей для диапазона Z от 0,05÷5 *мгом* на частоте $f = 800$ *гц*

Z, мгом	*C, пф*	*Z, мгом*	*C, пф*	*Z, мгом*	*C, пф*	*Z, мгом*	*C, пф*
0,05	4 000	0,125	1 600	0,286	700	0,800	250
0,057	3 500	0,143	1 400	0,333	600	1,000	200
0,066	3 000			0,400	500	—	—
0,080	2 500	0,166	1 200	0,500	400	1,333	150
0,100	2 000	0,200	1 000	0,571	350	2,000	100
—	—	0,222	900			2,500	80
0,111	1 800	0,250	800	0,666	300	5,000	40

Таблица 6

Пересчет реактивных сопротивлений индуктивностей для диапазона Z от 5 до 500 *ом* на частоте $f = 800$ *гц*

Z, *ом*	L, *мгн*	Z, *ом*	L, *мгн*	Z, *ом*	L, *мгн*	Z, *ом*	L, *мгн*
5	1	15	3	60	12	200	40
6	1,2	20	4	70	14	250	50
7	1,4	25	5	80	16	300	60
8	1,6	30	6	90	18	350	70
9	1,8	35	7	100	20	400	80
		40	8	—	—	450	90
10	2,0	50	10	120	25	500	100
—	—						
12,5	2,5			150	30		

Градуировку ламповых вольтметров на низкой частоте производят сравнением с другим достаточно точным вольтметром. Во время градуировки лампового вольтметра, собранного по схеме фиг. 15, рекомендуется несколько раз проверить качество анодной компенсации.

Омметр постоянного тока градуируется только на одном поддиапазоне. Если имеются эталонные сопротивления или магазин сопротивлений, то можно ими воспользоваться для получения необходимого числа точек кривой градуировки. Если стрелочный прибор градуирован по току (*ма* или *мка*), то значения тока для разных величин сопротивлений (R_x), используемых для градуировки, можно определить расчетным путем:

$$I = \frac{U}{R_x + R_д}.$$

где $R_д$ — добавочное сопротивление соответствующего поддиапазона, а U — измерительное напряжение. В частности, для стрелочного прибора, имеющего 100-градусную равномерную шкалу, можно выполнить градуировку в поддиапазоне $20 \div 2\,000$ *ом* при $R_д = 200$ *ом*, пользуясь табл. 7 (см. стр. 97).

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ОПИСАНИЕ ВЫПОЛНЕННЫХ МОДЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

На следующих примерах будет показано, как можно применить рассмотренные выше принципы для проектирования достаточно простых и удобных в эксплуатации комбиниро-

Таблица 7

Градуировка 100-градусной шкалы при $U = 0{,}02$ и $0{,}2$ *в*; $I = 0{,}1$ и 1 *ма*

Градусы шкалы	*ом*	Градусы шкалы	*ом*	Градусы шкалы	*ом*	Градусы шкалы	*ом*
0	∞	20,0	800	50	200	74,1	70
2	10 000	22,2	700	52,6	180	76,9	60
3,8	5 000	25,0	600	55,5	160	80,0	50
6,3	3 000	28,6	500	58,8	140	83,3	40
9,1	2 000	33,3	400	62,5	120	87,0	30
11,8	1 500	36,4	350	66,6	100	90,9	20
16,6	1 000	40,0	300	69,0	90	95,3	10
18,2	900	44,4	250	71,8	80	100	0

ванных испытательных устройств. Приведенные ранее схемы отдельных приборов позволяют осуществить дополнительное комбинирование различных вариантов.

Автор отдает предпочтение полуавтоматической системе коммутирующих устройств для переключения рода работы и поддиапазонов, которая позволяет быстро осуществить необходимые переключения во время работы и исключает возможность ошибочных соединений.

Предлагаемые варианты не следует рассматривать как безукоризненные; они могут быть, вероятно, еще значительно улучшены и упрощены и поэтому должны служить только в качестве примеров для обсуждения и критики.

1. МАЛАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ МОДЕЛЬ № 1

Комплект ламп. Модель № 1 может быть построена на трех лампах: типа EF12, C/EM2 и RGN 354 или AC2, AM2 и RGN 354.

Техническая характеристика и области применения

Модель содержит:

1) генератор высокой частоты на общий диапазон 0,1—10 *мггц* с делителем напряжения на выходе;

2) устройство для контроля частоты внешних колебаний (например, гетеродинов радиоприемников) в диапазоне 0,1—10 *мггц*;

3) устройство для измерения частоты методом биений в том же диапазоне;

4) устройство для проверки колебательных контуров приемника, настроенных на частоты этого же диапазона;

5) генератор звуковых частот на фиксированную частоту 400, 800 или 1 000 *гц*;

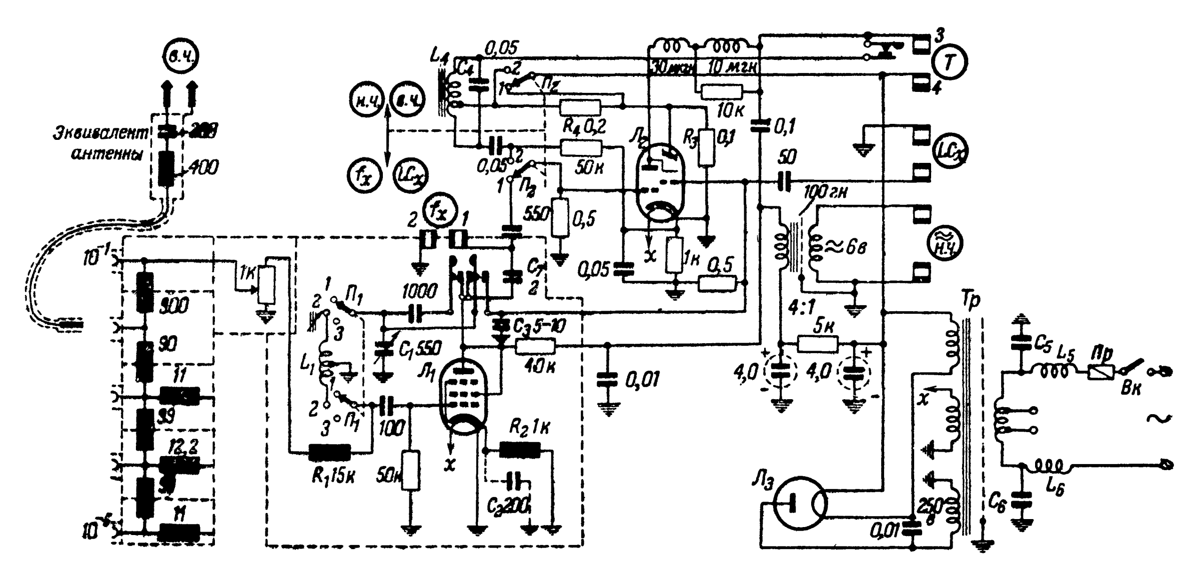
6) однокаскадную усилительную схему для прослушивания на головной телефон.

При измерениях частоты (f_x) или при исследовании контуров (LC_x) с моделью № 1, особенно на коротких волнах, рекомендуется применение коротких соединительных проводов между измерительным устройством и испытываемым приемником. При проверке колебательных контуров соединительные провода вносят расстройку. Помехи от внешних высокочастотных полей сравнительно невелики. Для получения однозначных показаний при измерениях частоты необходимо определять разность частот при ближайших положениях резонанса (см. стр. 50).

Принципиальная схема приведена на фиг. 70.

В генераторе высокой частоты использована лампа $Л_1$ типа EF12 (или AC2). Колебательный контур генератора образован переменной емкостью C_1 и индуктивностью L_1. При помощи переключателя $П_1$ (на три положения) производится смена катушек при переходе на второй и третий поддиапазоны (катушки L_2 и L_3 на фиг. 70 не показаны). Если на коротких волнах наблюдается неустойчивая генерация, то рекомендуется сопротивление противосвязи R_2, равное 1 *ком*, зашунтировать емкостью $C_2 = 200$ *пф*.

Для измерений частоты используются гнезда f_x. Вилка, входящая в гнездо *1* (f_x), будучи вставлена до конца, размыкает контакты пружинного переключателя, отключает колебательный контур от лампы $Л_1$, и лампа перестает генерировать. Сопротивление R_2 в катоде обеспечивает при этом достаточно большое отрицательное смещение на сетке $Л_1$. Подача напряжения измеряемой высокой частоты на гнезда f_x осуществляется через малую переменную емкость, например при помощи приставки по схеме фиг. 61, *а*. Когда переключатель рода работы $П_2$ поставлен в положение *1* (как показано на фиг. 70) и вилки вставлены в гнездо f_x до конца, напряжение измеряемой частоты с гнезд f_x подается на сетку триодной части



Фиг. 70. Принципиальная схема малой высокочастотной модели № 1.

лампы $Л_2$ (С/ЕМ2) а контур L_1C_1 подключается к сетке индикаторной части лампы $Л_2$*.

Чтобы компенсировать уменьшение динамической емкости, одновременно параллельно колебательному контуру подключается емкость $C_3=5 \div 10$ *пф*. Лампа $Л_2$ работает в режиме сеточного детектора. Переменное напряжение на аноде через внутреннюю емкость лампы действует на сетку индикатора. При резонансе напряжение на аноде триодной части и сетке индикатора возрастает, чем обеспечивается увеличение раствора светящегося сектора на экране индикатора (двойное управление).

Для проверки контуров (LC_x) переключатель рода работы $П_2$ устанавливается в положение *1*, а исследуемый контур присоединяется к гнездам LC_x. При этом высокочастотное напряжение от $Л_1$ подводится через $C_7 = 2$ *пф* на сетку триодной части $Л_2$, а испытываемый контур оказывается присоединенным к сетке индикаторной части $Л_2$. Когда гетеродин настроен на частоту LC_x, на экране индикатора наблюдается увеличение раствора светящегося сектора.

Когда устройство работает в качестве испытательного генератора высокой частоты, лампа $Л_2$ используется в качестве модулятора, обеспечивая коэффициент модуляции около 30%. Переключатель рода работы $П_2$ должен быть поставлен в положение *2*, а высокочастотное модулированное напряжение подается во внешнюю цепь с делителя напряжения через эквивалент антенны (приставку), данные которого приведены на схеме фиг. 70. Чтобы защитить светящийся экран индикаторной части от разрушения флюоресцирующего слоя, в этом режиме напряжение на экран подается через сопротивления R_3, R_4. Выходные гнезда *н. ч.* могут быть использованы для получения напряжения фиксированной низкой частоты, причем желательно предусмотреть какой-нибудь регулятор выходного напряжения, который на схеме фиг. 70 не показан.

При использовании модели № 1 для прослушивания напряжение с исследуемого каскада приемника (после детектора) подается на гнезда f_x, причем вилка в гнездо *1* должна быть вставлена до конца, тем самым разрывая анодную

* Ввиду отсутствия в номенклатуре ламп, выпускаемых отечественной промышленностью, электронно-оптического указателя с двумя управляющими сетками лампу $Л_2$ пришлось бы заменить двумя отдельными лампами.—*Ред.*

2) устройство для контроля частоты внешних колебаний (например, при проверке гетеродинов радиоприемников) в диапазоне 0,1÷10 *мггц*;

3) устройство для измерения частоты методом биений в том же диапазоне;

4) устройство для проверки колебательных контуров;

5) широкополосный индикатор наличия колебаний в диапазоне от низких (звуковых) до ультравысоких частот (у. к. в.);

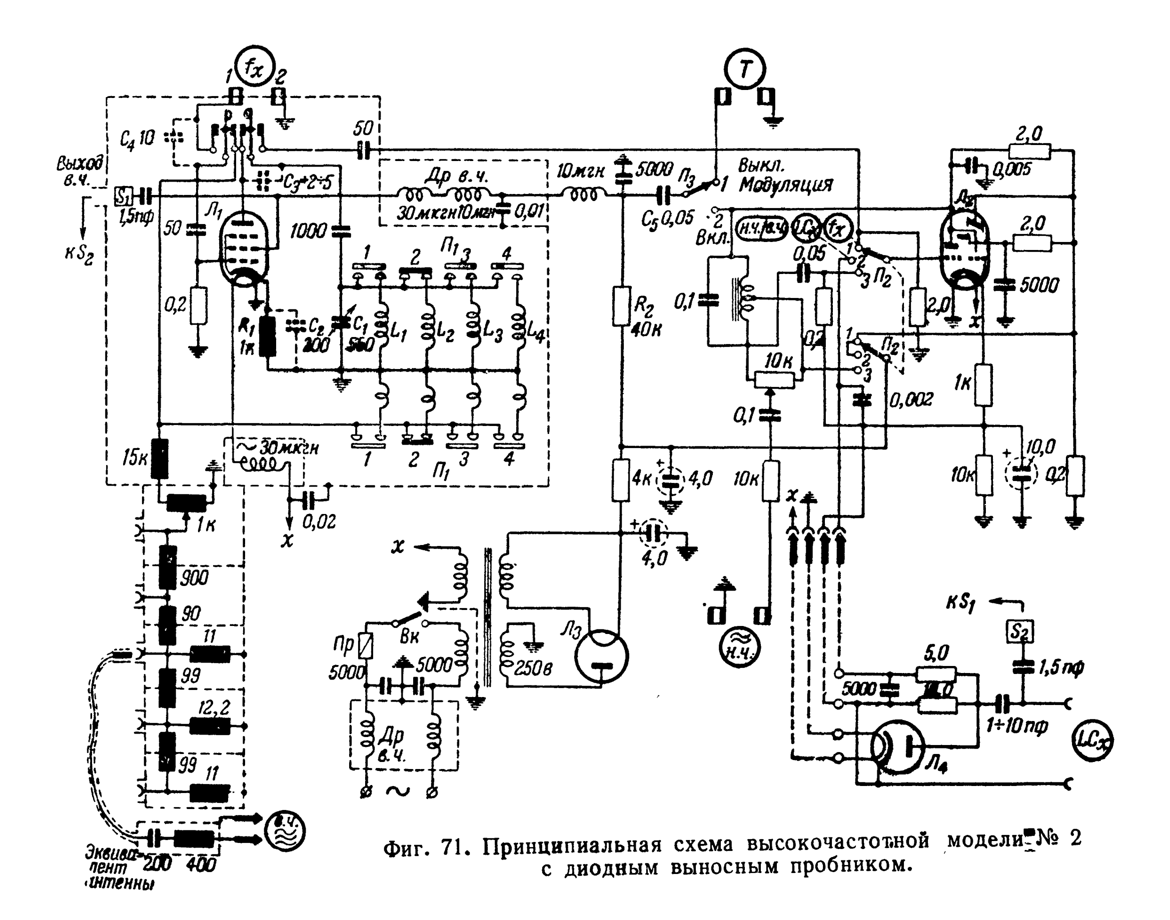
6) генератор низкой частоты на фиксированную частоту 400, 800 или 1 000 *гц*;

7) однокаскадную схему для прослушивания на головной телефон.

При измерениях частоты (f_x) рекомендуется, особенно на коротких волнах, применять короткие соединительные провода между измерительным устройством и испытываемым приемником. При проверке контуров (LC_x), кроме того, рекомендуется осуществлять связь с контуром через небольшую емкость (1,5 *пф*) во избежание расстройки исследуемого контура. Для получения однозначных показаний при измерениях частоты необходимо применять слабую связь и определять разность частот при ближайших положениях резонанса (см. стр. 50).

Принципиальная схема приведена на фиг. 71. В генераторе высокой частоты использована лампа $Л_1$ типа EF12 (или AC2) в триодном режиме. Колебательные контуры образованы переключаемыми индуктивностями L_1, L_2, L_3 и L_4 и переменной емкостью $C_1 = 550$ *пф*. Переключение поддиапазонов (четырех) производится при помощи кнопочного переключателя $П_1$ (на схеме показан включенным второй поддиапазон). Так же как и в модели № 1, в случае неустойчивой генерации на коротких волнах рекомендуется сопротивление в катоде $R_1 = 1$ *ком* зашунтировать емкостью $C_2 = 200$ *пф*.

Для измерения частоты используются гнезда f_x. Переключатель рода работы $П_2$ ставится в положение *1* (f_x). Вилка, входящая в гнезда *1* (f_x), будучи вставлена до конца, отключает колебательный контур L_2C_1 (или другого поддиапазона) и подключает его в сетке лампы $Л_2$ типа EM11 (или AM2) через емкость C_3 2÷5 *пф*. (Часто для этой цели достаточно собственной емкости контактных пружин гнезд f_x). Сопротивление R_1 обеспечивает при этом достаточно большое смещение на сетке $Л_1$ и тем самым повы-



Фиг. 71. Принципиальная схема высокочастотной модели № 2 с диодным выносным пробником.

цепь лампы $Л_1$. Напряжение с приемника через конденсатор 550 *пф* и переключатель $П_2$ (в положении *1*) подается на сетку триодной части лампы $Л_2$. В гнезда *3* и *4* вставляется вилка от головного телефона, причем так, чтобы вилка в гнезде *3* отключила контур L_4C_4 от анода лампы $Л_2$. Таким образом, можно проверить работу приемника на слух.

Если на гнезда f_x подать высокочастотное напряжение (например, с гетеродина приемника) и вилку в гнездо *1* вставить не до конца, так чтобы не разрывать анодной цепи $Л_1$, то на сетку $Л_2$ одновременно будут поданы два высокочастотных напряжения: от своего генератора ($Л_1$) и исследуемого гетеродина. Лампа $Л_2$ работает в качестве смесителя в режиме сеточного детектирования. Настроив контур генератора на нулевые биения (прослушиваемые на головной телефон), можно измерить частоту проверяемого гетеродина по методу биений.

Конструкция. Подключение высокой частоты осуществляется в основном гнездами f_x, которые должны быть тщательно выполнены и обладать малой емкостью. Эти гнезда, а также переключатель $П_2$, участвующий в коммутации напряжения высокой частоты, должны быть смонтированы в непосредственной близости к контуру L_1C_1.

Требования экранировки у этой простейшей модели не очень высоки, однако рекомендуется гетеродин и делитель напряжения поместить в металлические экраны (см. пунктир на фиг. 70), а также применить высокочастотный фильтр в цепи питания (L_5C_5 и L_6C_6). В остальном сооружение и налаживание прибора не должны вызывать каких-либо затруднений.

2. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ МОДЕЛЬ №2 С ДИОДНЫМ ПРОБНИКОМ

Комплект ламп. Модель № 2 может быть построена на трех лампах: типа EF12, EM11 и RGN 354 или же типа AC2, AM2 и RGN 354. В диодном пробнике может быть применена лампа EA50 или SA100.

Техническая характеристика и области применения

Модель содержит:

1) Генератор высокой частоты на общий диапазон 0,1—10 *мггц* с делителем напряжения на выходе;

шает входное сопротивление прибора. Шунтирующее действие внутреннего сопротивления лампы $Л_1$ можно уменьшить, если включить ее в пентодном режиме. Лампа $Л_2$ работает в режиме анодного детектора. При подаче на сетку $Л_1$ напряжения 0,1 *в* при резонансе получается вполне четкое уменьшение светящегося сектора индикатора. Если входное напряжение чрезмерно велико, рекомендуется ослабить связь.

Для проверки наличия колебаний в широкой полосе частот переключатель рода работ $П_2$ надо поставить в положение *2* (LC_x), и подача входного напряжения производится через гнезда LC_x диодного пробника, работающего на лампе $Л_4$ типа EA50 (или SA100). Такая проверка весьма полезна, например, для обнаружения паразитных высокочастотных колебаний у оконечных пентодов с большой крутизной характеристики.

Необходимое для исследования контуров (LC_x) высокочастотное напряжение подается от генератора высокой частоты $Л_1$ через маленькую емкость (1,5 *пф*) и высокочастотный кабель, соединяющий гнездо S_1 с таким же гнездом S_2 на входе диодного пробника LC_x тоже через емкость 1,5 *пф*. Испытываемый контур подключается при помощи щупов к гнездам LC_x пробника. При резонансе на испытываемом контуре создается максимальное напряжение, которое после детектирования диодом $Л_4$ подается на сетку лампы $Л_2$ и вызывает увеличение светящего сектора индикатора.

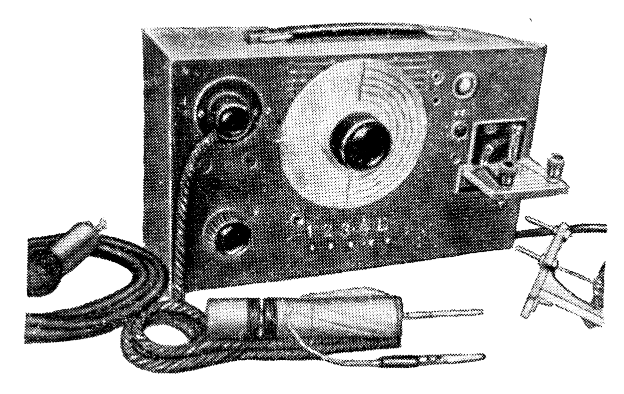
При использовании модели № 2 для прослушивания напряжение с приемника подается на гнезда f_x и лампа $Л_1$ работает как усилитель. Прослушивание ведется на головной телефон (гнезда *Т*), который при установке переключателя $П_3$ в положение *1* подключен параллельно к сопротивлению $R_2 = 40$ *ком* через конденсатор C_5 (без постоянной составляющей).

Когда все устройство работает в качестве испытательного генератора высокой частоты, лампа $Л_2$ используется как модулятор; переключатель рода работы $П_2$ остается в положении *3* (*н. ч.*, *в. ч.*), а переключатель $П_3$ — в положении *2* (включена модуляция). Высокочастотное модулированное ($m = 30\%$) напряжение снимается с делителя напряжения через эквивалент антенны (приставку).

Генератор фиксированной низкой частоты (800 или 400 *гц*) на лампе $Л_2$ с выходным сопротивлением, равный 20 *ком*,

имеет отдельный выход (гнезда *н. ч.*), с которых можно снимать напряжение около 5 *в*. Переключатель $П_2$ при этом виде работы должен быть установлен в положение *3*.

Измерение частоты по методу биений можно осуществить, подавая измеряемое напряжение на гнезда f_x, причем вилка *1* не должна быть вставлена до конца. В этом случае генератор высокой частоты ($Л_1$) работает и создаются биения между колебаниями с частотой исследуемого напряжения и частотой генератора. Эти биения можно прослушать при помощи головного телефона, вставленного в гнезда *Т* (переключатель $П_3$ в положении *1*). Если бы



Фиг. 72. Внешний вид модели № 2 с включенными выносным пробником и приставкой для измерения индуктивностей.

оказалось, что емкости пружин гнезд f_x недостаточно, чтобы осуществить связь гнезда *1* с сеткой лампы $Л_1$, то придется включить конденсатор $C_4 = 10$ *пф*.

Конструкция. Внешний вид одного из вариантов испытательного устройства (модель № 2), построенного по схеме фиг. 71, показан на фиг. 72. Переключатель диапазонов—кнопочный. Выводы диодного пробника выполнены в виде лампового цоколя и подключаются к устройству при помощи шнура (в ламповое гнездо, установленное на панели в верхнем левом углу). Большая круглая шкала позволяет удобно расположить на ней четыре вида градуировки в соответствии с числом поддиапазонов. Пятый вид градуировки в значениях индуктивности (*L*) дает возможность использовать модель № 2 и для измерений *L*. Для этой же цели на передней стенке смонтированы гнезда для присоединения приставки по фиг. 64.

Требования к экранировке хотя и не очень высоки, но все же с ними нужно считаться, так как детали генераторной и индикаторной частей схемы расположены очень близко друг к другу и монтаж получается тесным.

3. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ МОДЕЛЬ № 3 С ТРИОДНЫМ ПРОБНИКОМ

Комплект ламп. Модель № 3 построена на трех лампах (ECH11, EF12 и RGN 354). В выносном триодном пробнике применена лампа 955 (типа «желудь»). Весьма удобен выносной триодный пробник по схеме фиг. 66 на лампе EBF11.

Техническая характеристика и области применения

Модель содержит:

1) генератор высокой частоты на диапазон 0,1—20 *мггц* с регулируемым выходным напряжением;

2) устройство для проверки частоты внешних колебаний в диапазоне 0,1—20 *мггц*;

3) устройство для измерения частоты в том же диапазоне по методу биений;

4) устройство для проверки колебательных контуров в пределах тех же частот;

5) широкодиапазонный индикатор наличия колебаний в диапазоне от низких (звуковых) до ультравысоких частот;

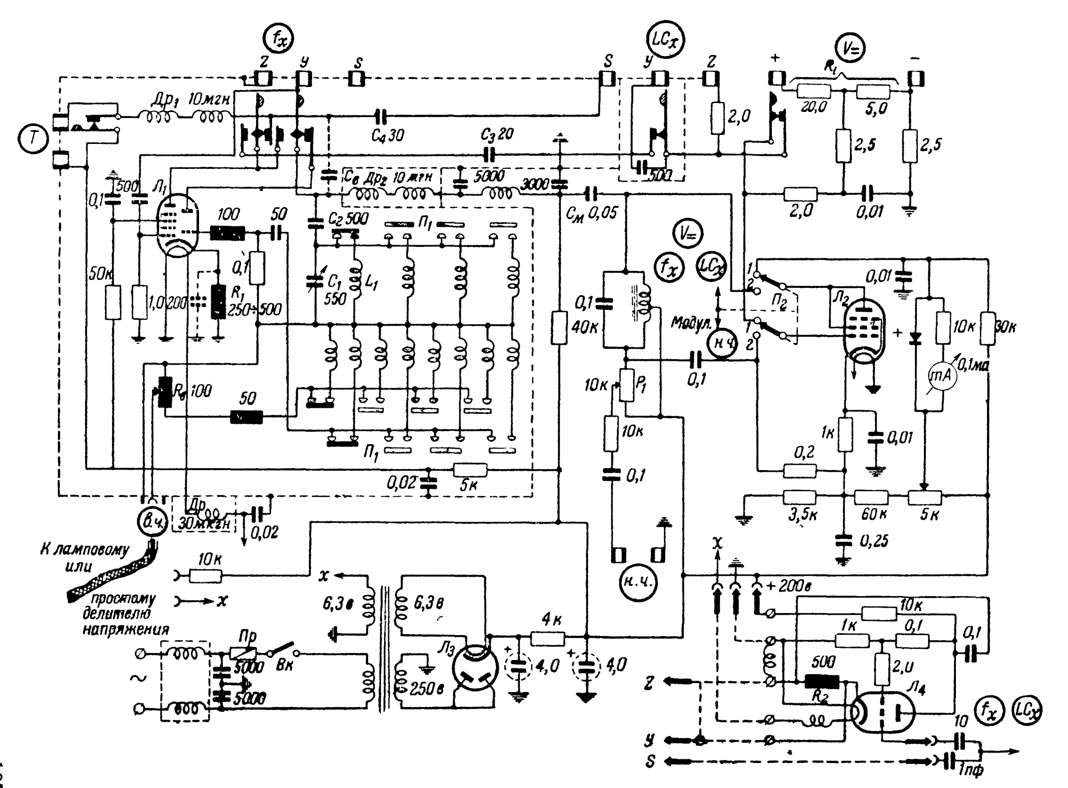
6) генератор низких частот на фиксированную частоту 400, 800 или 1 000 *гц*;

7) однокаскадную схему для прослушивания;

8) ламповый вольтметр постоянного тока для напряжений 0—50 *в* с входным сопротивлением 25 *мгом*.

Для получения однозначных показаний при измерениях частоты рекомендуется применять весьма слабую связь с испытываемым объектом.

Принципиальная схема приведена на фиг. 73. В генераторе высокой частоты используется триодная часть лампы $Л_1$ типа ECH11 (триод-гексод). Напряжение высокой частоты снимается с катушки связи, отдельной для каждого поддиапазона. В цепь катода $Л_1$ включено сопротивление $R_1=250 \div 500$ *ом*, при помощи которого осуществляется противосвязь по току. Так же как и в моделях № 1 и 2, в случае неустойчивой генерации на коротких волнах рекомендуется зашунтировать сопротивление R_1 емкостью 200 *пф*.



Фиг. 73. Принципиальная схема высокочастотной модели № 3 с триодным выносным пробником и ламповым вольтметром постоянного тока.

Для проверки наличия колебаний в гетеродинах приемников и измерений частоты при помощи выносного пробника на лампе $Л_4$ (955) используются гнезда f_x. Если вилки пробника вставлены в гнезда f_x до отказа, то контур L_1C_1 отключается от анода триодной части $Л_1$ и подключается к аноду гексодной части той же лампы через емкость $C_2 = 500$ *пф*. Одновременно переключается и высокочастотный дроссель $Др_2$. Поданное на сетку выносного пробника исследуемое напряжение высокой частоты снимается с катодного сопротивления $R_2 = 500$ *ом* и через гнездо *y* (f_x) попадает на сетку гексодной части $Л_1$. Напряжение с анодного контура через емкость $C_3 = 20$ *пф* подается на сетку $Л_2$ лампового вольтметра. Ламповый вольтметр, собранный по схеме с амплитудным ограничителем (см. стр. 29 и фиг. 13), обладает большой чувствительностью. Чтобы получить достаточную точность измерения частоты, необходимо обеспечить возможно более острую настройку в резонанс контуров L_1C_1, для чего связь выносного пробника с испытываемым объектом должна быть очень слабой. При измерениях частоты переключатель рода работы $П_2$ должен быть поставлен в положение *1*.

Для исследования контуров (LC_x) высокочастотную колодку пробника (*s*, *y*, *z*) надо переключить из гнезд f_x в гнезда LC_x. При этом часть высокочастотного напряжения с гексодной части лампы $Л_1$ через конденсатор $C_4 = 30$ *пф* подается на гнездо *s* пробника и при помощи щупа для питания исследуемого контура. Напряжение высокой частоты с катодного сопротивления пробника через гнездо *y* попадает на сетку лампы $Л_2$ вольтметра (переключатель $П_2$ в положении *1*). Из-за значительных паразитных емкостей (монтажа, междуэлектродных) на коротких волнах напряжение, подаваемое генератором к гнезду *s*, может оказаться недостаточным. В этом случае можно было бы создать прямую связь (показана пунктиром) между контуром и гнездом через конденсатор $C_в$ емкостью $1 \div 2$ *пф*. Однако если такая связь почему-либо нежелательна, то вместо выносного пробника, показанного на схеме фиг. 73, можно рекомендовать схему фиг 66, подробно описанную на стр. 89. В этом случае можно отказаться от гнезда *s*, так как подача высокочастотного напряжения на исследуемый контур производится через гнезда LC_x схемы фиг. 66.

Проверка наличия паразитной генерации в приемнике в широком диапазоне частот может быть произведена через выносной пробник, когда его колодка вставлена в гнезда LC_x.

Для получения модулированного высокочастотного напряжения или напряжения звуковой частоты необходимо лампу $Л_2$ перевести в режим работы генератора низкой частоты. Для этого переключатель рода работы $П_2$ надо поставить в положение *2*. Если требуется уменьшить коэффициент модуляции, то последовательно с емкостью $C_м$ рекомендуется включить высокоомное сопротивление, величина которого подбирается опытным путем. Выходное модулированное высокочастотное напряжение снимается с гнезд *в. ч.* через регулируемое сопротивление $R_в$. Еще лучше, если это напряжение будет подано на ламповый регулятор по схеме фиг. 66. Напряжение звуковой частоты (около 5 *в*) можно снимать с гнезд *н. ч.*

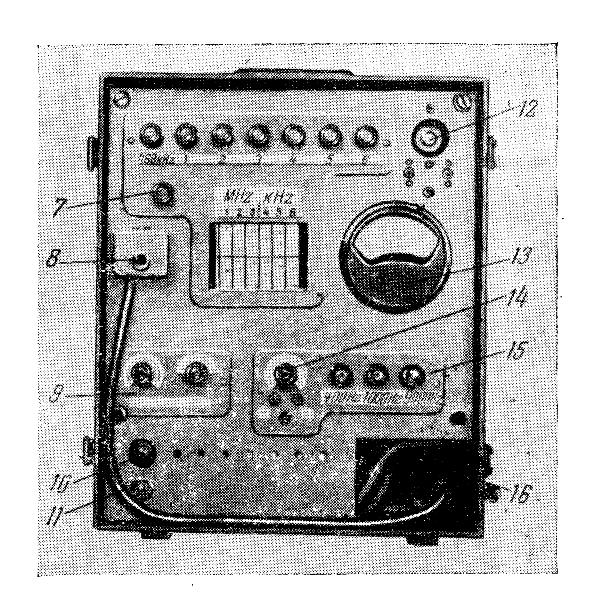
При использовании модели № 3 для прослушивания нужно вилку щупа, при помощи которого подключаются разные точки схемы приемника, вставить в гнездо *у* (f_x). Этим самым исследуемое напряжение подается на сетку гексодной части $Л_1$, а анодной нагрузкой служит головной телефон, который должен быть включен в гнезда *Т*. Вилка щупа должна быть достаточно длинной, чтобы сработала контактная пружина и оборвала связь триодной части $Л_1$ с контуром и при этом выключила бы генератор высокой частоты.

Измерение частоты по методу биений можно осуществить, если колодку пробника вставить в гнезда f_x, но не настолько глубоко, чтобы сработали пружинные контакты гнезд *г* и *у*. В этом случае генератор высокой частоты продолжает работать, а на сетку гексодной части подается исследуемое напряжение, частоту которого нужно измерить. Слушая при помощи телефона, вставленного в гнезда *Т*, надо настроить генератор так, чтобы получить нулевые биения. Благодаря применению выносного пробника этим способом легко измерить частоту во всем диапазоне вплоть до 20 *мггц*.

Очень удобен выносной триодный пробник по схеме фиг. 62. Размеры его должны быть выбраны так, чтобы можно было удобно разместить кварцедержатель с кварцами на частоты 0,1 и 1 *мггц*. Напряжение, которое снимается с катодного сопротивления (R_2=500 *ом*) пробника, содер-

жит большое число гармоник и, будучи подано на сетку гексодной части $Л_1$, позволит обнаружить на головной телефон биения (свисты) между этими гармониками и частотой генератора. Эти биения могут быть использованы для целей градуировки.

Для измерения постоянных напряжений до 50 *в* предусмотрены гнезда $V_{=}$, при помощи которых измеряемое напряжение подается на входной делитель с общим сопротивле-



Фиг. 74. Внешний вид одного варианта модели № 3 по схеме фиг. 73. На фото: *1, 2, 3, 4, 5* и *6* — кнопки переключения поддиапазонов генератора высокой частоты; левая крайняя кнопка — для фиксированной частоты 468 *кгц*; *7* — переключатель $П_2$ (рода работы); *8* — колодка питания триодного выносного пробника; *9* — отсек и выносные регуляторы делителя напряжения; *10* — неоновый индикатор включения прибора; *11* — выключатель питания прибора; *12* — электронно-оптический индикатор резонанса (на схеме фиг. 73 не показан); *13* — стрелочный прибор лампового вольтметра; *14* — регулятор выходного напряжения генератора н. ч. (на схеме — P_1); *15* — кнопки переключения фиксированных частот (400, 1 000 и 9 000 *гц*); *16* — отсек для хранения пробника.

нием $R_i = 25$ *мгом*. Схема делителя и фильтра составлена в соответствии с фиг. 13.

Конструкция. Устройство, внешний вид которого показан на фиг. 74, построено в основном по схеме фиг. 73 с добавлением делителя напряжения на выходе генератора высокой частоты. Кроме того, весь диапазон разделен не на четыре (как показано на схеме), а на шесть поддиапазо-

нов. Шкала — барабанного типа. Переключатель диапазонов—кнопочный. Для проверки контуров промежуточной частоты добавлена одна кнопка, при помощи которой на выходе генератора получается фиксированная частота $f = 468$ *кгц*. Питание накала и анода лампы выносного пробника производится отдельным кабелем, так что для перехода с измерений f_x на измерение LC_x требуется только переключить высокочастотную колодку.

Кроме того, генератор звуковых частот построен на три фиксированные частоты, тоже коммутируемые при помощи кнопок.

4. МАЛАЯ НИЗКОЧАСТОТНАЯ МОДЕЛЬ

Комплект ламп. Модель построена на одной лампе типа EF14. В блоке питания выпрямителем служит столбик из селеновых шайб.

Техническая характеристика и области применения

Модель содержит:

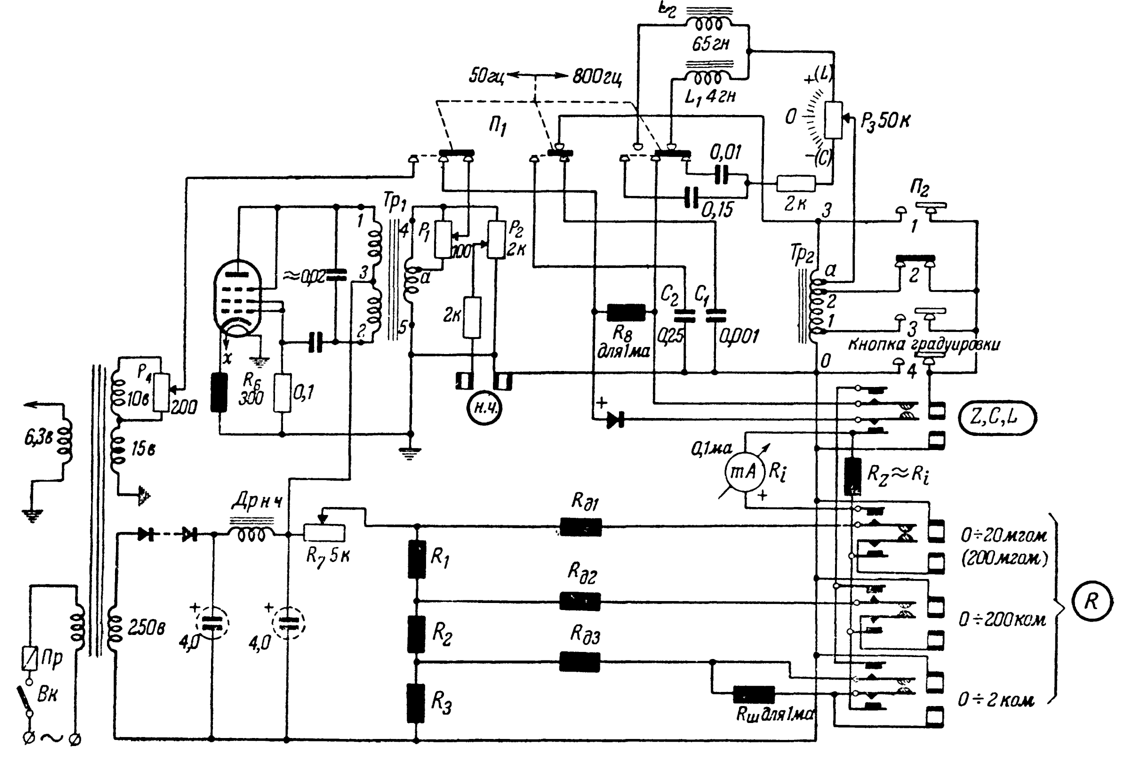
1) омметр постоянного тока для измерения сопротивлений (R) 0—20 *мгом*. При помощи этого омметра можно производить проверку монтажа и измерение малых сопротивлений (по шкале до 2 000 *ом*), а также испытание качества изоляции (по шкале до 200 *мгом*);

2) генератор низкой (звуковой) частоты на фиксированную частоту $f = 800$ *гц* с внутренним сопротивлением около 10 *ком*; в схеме генератора предусмотрена возможность плавной регулировки выходного напряжения от 0 до 25 *в*;

3) измеритель полных сопротивлений (Z) на диапазон от 1 *ом* до 1 *мгом* на двух частотах: 800 и 50 *гц*; с этим прибором можно также производить измерения индуктивностей (L) от 1 *мгн* до 400 *гн* и емкостей (C) от 100 *пф* до 100 *мкф*; значения L и C определяются из измерений их полных сопротивлений, поэтому сначала надо проверить их активные сопротивления при помощи омметра постоянного тока.

Принципиальная схема модели приведена на фиг. 75. Блок питания омметра постоянного тока, состоящий из силового трансформатора, селенового выпрямителя и фильтра, нагруженного на делитель, принцип действия которого и расчет элементов схемы приведены на стр. 19 (см. фиг. 2). Все сопротивления должны быть тщательно изготовлены и величины их подогнаны с достаточной точностью:

$R_1 = 100$ *ком* ($+0 \div 2\%$, на 10 *вт*);



Фиг. 75. Принципиальная схема малой низкочастотной модели для измерений R, Z, L и C.

$$R_2 = 89{,}5\ \text{ом}\ (\pm 1\%);$$

$$R_3 = 10{,}5\ \text{ом}\ (\pm 1\%);$$

$$R_{д1} = 2\ \text{мгом}\ (\pm 1\%);$$

$$R_{д2} \doteq (20\ \text{ком} - R_4)(\pm 1\%);$$

$$R_{д3} = \left(190\ \text{ом} - \frac{R_4 \cdot R_ш}{R_4 + R_ш}\right)(\pm 1\%),$$

где $R_4 = R_i + R_z$ и $R_z \approx R_i$, а величина $R_ш$ (шунт для 1 *ма*) подбирается опытным путем (см. стр. 19).

В генераторе низкой частоты использована лампа типа EF14 в триодном режиме. Катодное сопротивление R_6 ($\approx$0,3÷1 *ком*) служит для создания отрицательной обратной связи. Подбором величины этого сопротивления можно (при помощи осциллографа) улучшить форму кривой выходного напряжения генератора. Рекомендуется взять R_6 настолько большим, чтобы лампа оказалась в режиме, близком к срыву колебаний. Генератор должен создать на выходных зажимах напряжение около 25 *в*, которое можно регулировать при помощи потенциометра P_2. Если окажется что генераторная лампа не обеспечивает напряжение 25 *в* на выходе, то придется добавить один каскад усиления (см. фиг. 17). Потенциометр P_1, включенный параллельно $^1/_5$ числа витков вторичной обмотки трансформатора $Т_{р1}$, служит для коррекции нуля стрелочного прибора при измерении Z. Эта коррекция осуществляется при замкнутых накоротко контактах *4* переключателя $П_2$ («кнопка градуировки»). Для регулировки фазы при измерениях Z в цепи фазосдвигающего устройства предусмотрен потенциометр $P_3 = 50$ *ком*. Как видно из схемы, измерение Z можно производить при частоте как 800, так и 50 *гц*. В соответствии с этим при помощи переключателя $П_1$ переключаются емкости, шунтирующие обмотку измерительного автотрансформатора $Тр_2 : C_1$ (для 800 *гц*) и C_2 (для 50 *гц*), а также дроссели фазосдвигающего устройства: L_1 (для 800 *гц*) и L_2 (для 50 *гц*).

Схему измерителя полных сопротивлений можно упростить, если отказаться от возможности измерений на двух разных частотах (50 и 800 *гц*). Для большинства случаев обнаружения неисправностей в аппаратуре $f = 800$ *гц* вполне достаточно. Если принять для измерителя полных сопро-

тивлений частоту $f = 50$ *гц*, то всю модель можно упростить, отказавшись от генератора низких частот; однако при этом надо иметь в виду, что диапазоны измерений L и C значительно сужаются.

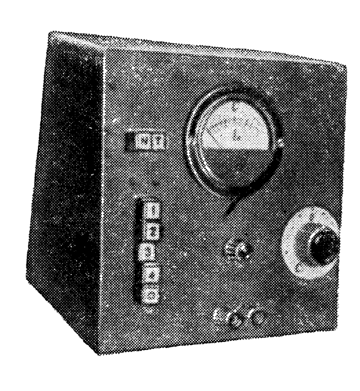
Потенциометр P_4 служит для корректировки нуля измерителя полных сопротивлений при измерениях на частоте 50 *гц*, а переменное сопротивление R_7 — для корректировки нуля омметра постоянного тока.

Поддиапазоны измерений полных сопротивлений (Z_x), индуктивностей (L) и емкостей (C) для разных положений (*1*, *2* и *3*) переключателя $П_2$ приведены в табл. 8.

Таблица 8

Диапазоны измерений Z, L и C

Положение переключателя $П_2$	Z при $f = 50$ и 800 *гц*	L при $f = 800$ *гц*	C при $f = 800$ *гц*
1	0—2 *мгом*	1—400 *гн*	100—10 000 *пф*
2	0—20 *ком*	0,01—4 *гн*	0,01—1 *мкф*
3	0—200 *ом*	1—40 *мгн*	1—100 *мкф*



Фиг. 76. Внешний вид одного из вариантов малой низкочастотной модели по схеме фиг. 75.

Конструкция. Внешний вид одного из вариантов выполненных конструкций малой модели низкой частоты показан на фиг. 76. Описание трансформатора $Тр_1$ приведено на стр. 72, а данные обмоток — в табл. 2. Описание измерительного трансформатора $Тр_2$ дано на стр. 71, а данные его обмоток — в табл. 1. Потенциометр P_3 фазосдвигающего устройства должен иметь линейную шкалу. Положение нуля можно определить, если к гнездам Z, C, L подключить активное сопротивление, причем в этом случае надо вращать ручку потенциометра до получения минимального отклонения стрелки измерительного прибора. Граничные значения шкалы потенциометра отмечаются знаками $+(L)$ и $-(C)$, позволяющими определить характер

(индуктивный или емкостный) сдвига фазы. При желании можно промежуточные значения отградуировать в значениях угла сдвига фаз. Эту градуировку можно осуществить, присоединяя к гнездам Z, C, L последовательно с активным сопротивлением реактивные, причем для градуировки в сторону минуса — емкостные, а в сторону плюса — индуктивные.

Градуировку стрелочного прибора можно произвести сравнением с другим измерителем полных сопротивлений или же по эталонным сопротивлениям при нажатой кнопке градуировки (кнопка *4* переключателя $П_2$) и при такой установке потенциометра P_3 фазосдвигающего устройства, чтобы получить минимальное отклонение. Градуировку надо наносить на 90% всей шкалы.

Напряжения питания омметра постоянного тока подбираются в каждом поддиапазоне при помощи добавочных сопротивлений $R_{\partial 1} \div R_{\partial 3}$ таким образом, чтобы при отклонении стрелки на 90% от полной шкалы (а для контроля — и на 45%) получались одинаковые коэффициенты пересчета шкал разных поддиапазонов при измерениях как активных сопротивлений (омметром), так и полных сопротивлений. При этом условии можно будет иметь одни и те же шкалы для R и Z и отдельные для L и C.

При измерениях Z рекомендуется каждый раз проверять, находится ли потенциометр P_3 в положении, обеспечивающем минимальное отклонение стрелки измерительного прибора для данного объекта измерений.

5. БОЛЬШАЯ МОДЕЛЬ С ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВЫМ ОСЦИЛЛОГРАФОМ

Комплект ламп. Модель (основная) построена на девяти лампах и одной электроннолучевой трубке следующих типов: одна лампа типа EF12, две — типа EF14; три — типа RV12P2000 и по одной — EL11, EZ12 и RFG3; электроннолучевая трубка — типа DG7-2.

Кроме того, в относящихся к модели выносных пробниках и приставках используются лампы:

в триодном пробнике — типа 955 или 4675; в диодном пробнике — типа EA50; в ламповом регуляторе высокой частоты — EF11 и в измерителе резонансных сопротивлений EF11, и 955 или 4675, или EF12 в триодном режиме. Всего, таким образом, в большой модели 15 ламп.

Техническая характеристика и области применения

Модель содержит:

1) двухламповый генератор высокой частоты с делителем напряжения на выходе на диапазон частот 0,1—20 *мггц*;

2) устройство для проверки на осциллографе частоты колебаний в гетеродинах приемников;

3) испытатель колебательных контуров;

4) индикатор колебаний в широком (вплоть до у. к. в.) диапазоне частот (при помощи осциллографа);

5) высокочастотный и низкочастотный ламповый вольтметр с диодным пробником для частот до 100 *мггц*, особо пригодный для исследования контуров LC_x и обладающий большей чувствительностью, чем осциллограф;

6) ламповый вольтметр постоянного тока;

7) генератор звуковых частот с плавным диапазоном 100—10 000 *гц* и фиксированной частотой 800 *гц* для испытания усилителей низкой частоты и громкоговорителей;

8) измеритель полных сопротивлений;

9) омметр постоянного тока;

10) кварцевую приставку (как эталон частоты) для проверки градуировок частоты по методу нулевых биений при помощи осциллографа;

11) устройство для обнаружения нелинейных искажений при помощи осциллографа.

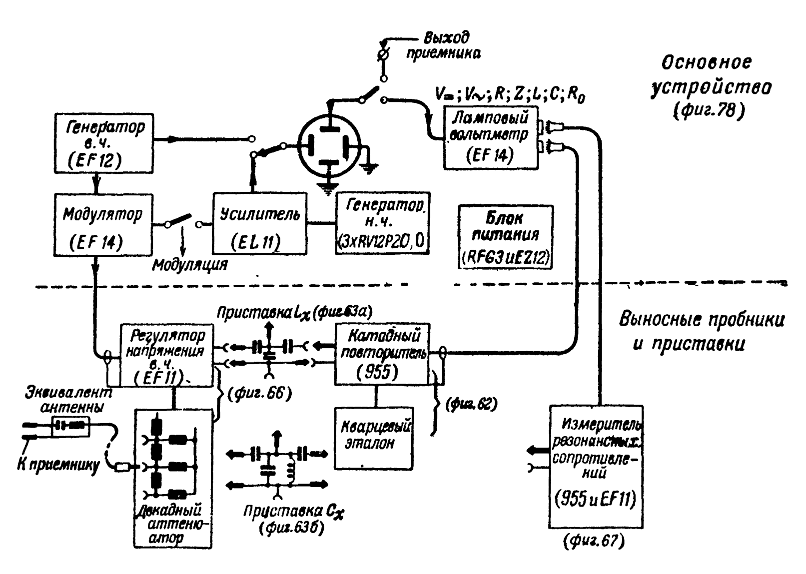
Блок-схема большой модели приведена на фиг. 77. На этой схеме блоки основного устройства для наглядности отделены от блоков выносных пробников и приставок пунктирной линией.

Принципиальная схема модели показана на фиг. 78 (вклейка). В генераторе высокой частоты используется лампа $Л_1$ типа EF12 (включенная триодом) в качестве собственно генератора, а лампа $Л_2$ типа EF14 работает модулятором, причем модуляция осуществляется на защитную сетку лампы $Л_2$, чем исключается возможность обратного воздействия на частоту генератора. Напряжение высокой частоты с анода $Л_1$ подается на управляющую сетку модулятора $Л_2$ через емкостный делитель и подбирается при помощи полупеременного конденсатора $C_3 = 10 \div 50$ *пф* таким образом, чтобы выходное напряжение генератора имело неискаженную форму. Работе модулятора без искажений способствует также смещение, подаваемое с катодного сопротивления $Л_2$ на управляющую сетку (—5 *в*) и защитную сетку (около 20 *в*). Глубину модуляции можно не-

сколько изменить подбором сопротивления $R_м$. Фильтр в цепи защитной сетки $Л_2$ имеет своим назначением не допустить проникновения токов высокой частоты в цепь генератора низкой частоты.

Немодулированное высокочастотное напряжение подается через емкость $C_4 = 50$ *пф* и переключатель $П_2$ на отклоняющие пластины осциллографа при изменениях частоты f_x и для сравнения фаз при исследованиях контуров LC_x. Чтобы не нарушалась градуировка генератора высокой частоты, необходимо при переходе на проверку искажений при помощи звукового генератора (переключатель $П_2$ в положении *1*) компенсировать емкость, вносимую пластинами электроннолучевой трубки в контур генератора высокой частоты. Эта компенсация осуществляется при помощи полупеременного конденсатора C_5 на 5 — 15 *пф*.

Для частотных измерений, которые по точности не уступают методу биений, лампа $Л_3$ (типа EF14), работающая в схеме вольтметра, преобразуется в усилитель высокой частоты. Измеряемое напряжение, например, с гетеродина приемника при помощи выносного триодного пробника (например, по фиг. 57 или 62) подается через конденсатор C_7 емкостью 0,002 *мф* и переключатель $П_3$ (в положении *2*)



Фиг. 77. Блок-схема большой модели с электроннолучевым осциллографом, выносными пробниками и приставками.

на управляющую сетку $Л_3$. Усиленное лампой напряжение подается далее на одну пару отклоняющих пластин осциллографа (через правую часть переключателя $П_2$ в положении *2*), а напряжение с выхода генератора высокой частоты — на другую пару отклоняющих пластин (через левую часть переключателя $П_2$ в положении *2*). На экране осциллографа вначале будет виден светящийся мерцающий прямоугольник, который при полном резонансе превращается в круг или наклонную прямую (в зависимости от сдвига фаз; см. фиг. 80,*в*). Образовавшиеся на экране осциллографа при резонансе фигуры Лиссажу могут быть легко расшифрованы при помощи фиг. 80,*в*, *г* и *д*. Схема измерения частоты (f_x) настолько чувствительна, что не требует непосредственной гальванической связи пробника с испытываемым гетеродином и поэтому не расстраивает контура. Если связь взята чрезмерно большой, то могут иметь место искажения фигур Лиссажу. Наблюдая форму кривой на экране осциллографа, можно подобрать наивыгоднейшее значение этой связи. При настройке на основную частоту легко убедиться в однозначности результатов измерений. Настройка на основную частоту несколько менее остра, чем на высшие гармонические.

Очень удобно пользоваться кварцевой приставкой к триодному пробнику (фиг. 62) для градуировки генератора высокой частоты. Моменты резонанса легко и очень точно можно отмечать, наблюдая изменения формы кривых на экране осциллографа.

Исследование контуров (LC_x) и их резонансных свойств можно выполнить при помощи либо осциллографа (переключатель $П_2$ в положении *2*), либо лампового вольтметра (переключатель $П_2$ в положении *1*). Для исследований можно применить либо диодный (гнезда $V_{\sim}$), либо триодный пробник. Высокочастотное напряжение от генератора к испытываемому контуру подается через ламповый делитель напряжения (фиг. 66). Способ исследования не отличается от описанного уже ранее для малых высокочастотных моделей.

Для измерений L_x и C_x на высокой частоте используются приставки по схемам фиг. 63,*а* и 63,*б*. Способы производства самих измерений и градуировки шкал были описаны уже ранее на стр. 86.

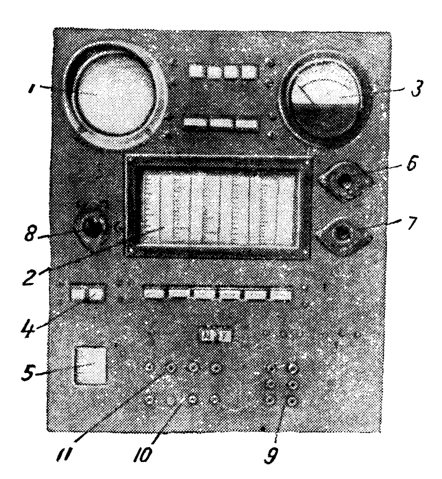
Принцип действия RC-генератора низкой частоты на трех лампах типа RV12P2000 с плавной настройкой был описан ранее (см. стр. 36 и фиг. 19). Настройка на разные часто-

ты диапазона производится при помощи отдельной барабанной шкалы и привода, управляющего вращением сдвоенной оси сопротивлений R_2 и R_3. На барабане имеется фиксирующее приспособление (углубление, в котором при помощи пружинки стопорится шарик) для отметки частоты 800 *гц*. Потенциометром P_1 на сетке первой лампы ($Л_5$) генератора надо отрегулировать обратную связь так, чтобы колебания были устойчивы во всем диапазоне и чтобы в то же время форма кривой выходного напряжения была неискаженной. Правильность установки потенциометра P_1 обязательно следует проверить при помощи осциллографа.

Выходное напряжение *RC*-генератора подается на усилительный каскад на лампе $Л_8$ (EL11). При налаживании прибора при помощи потенциометра P_4 подбирается такой режим работы каскада, чтобы напряжение на его выходе равнялось 25 *в*, как это требуется для питания измерителя полных сопротивлений. Чтобы обеспечить неискаженную работу каскада во всем диапазоне, рекомендуется не шунтировать емкостью катодное сопротивление (150 *ом*), что обеспечивает достаточно сильную отрицательную обратную связь. С первичной обмотки выходного трансформатора (с отношением 4 : 1) напряжение низкой частоты подается через емкость $C_6 = 8$ *мкф* на делитель. При отыскивании причин искажений, вносимых усилителем н. ч. приемника, напряжение с одного из ответвлений делителя (по схеме — с гнезда 65 *в*) может быть подано на одну пару отклоняющих пластин осциллографа (переключатель $П_2$ в положении *1*), а с гнезд делителя, помеченных буквой *К*,— на вход низкочастотной части приемника. С выхода приемника исследуемое напряжение подается через гнезда K_1 на вторую пару отклоняющих пластин осциллографа. Подводимое к приемнику низкочастотное напряжение с гнезд *К* можно регулировать потенциометром P_5 в пределах 0—15 *в*. Шкалу потенциометра P_5 целесообразно отградуировать в вольтах.

Схема лампового вольтметра в основном соответствует схеме фиг. 15. Лампа $Л_3$ (EF14) в этой схеме работает в триодном режиме, и катодное сопротивление $R_к$ подбирается так, чтобы сопротивление лампы постоянному току находилось в соответствии с сопротивлением компенсационной схемы (см. стр. 29 и фиг. 13). Переход на измерение напряжений ламповым вольтметром осуществляется при помощи переключателя $П_3$ (в положении *1*), а выбор поддиапазона измерения — переключателем $П_5$. Измерение постоянных напряжений производится через гнезда V_-,

а переменных — при помощи диодного пробника, включаемого в гнезда $V_{\sim}$. В схеме предусмотрена возможность перехода с линейной шкалы на логарифмическую переключателем $П_6$, что целесообразно в ряде случаев, как было показано ранее (см. стр. 30). При градуировке шкал вольтметра для переменного тока надо подгонкой сопротивления $R_{\sim}$ и регулировкой потенциометра P_6 так сбалансировать схему, чтобы отклонения стрелки для среднего диапазона измерений (30 *в*) совпадали как на постоянном, так и на переменном токе (для эффективных значений напряжения).



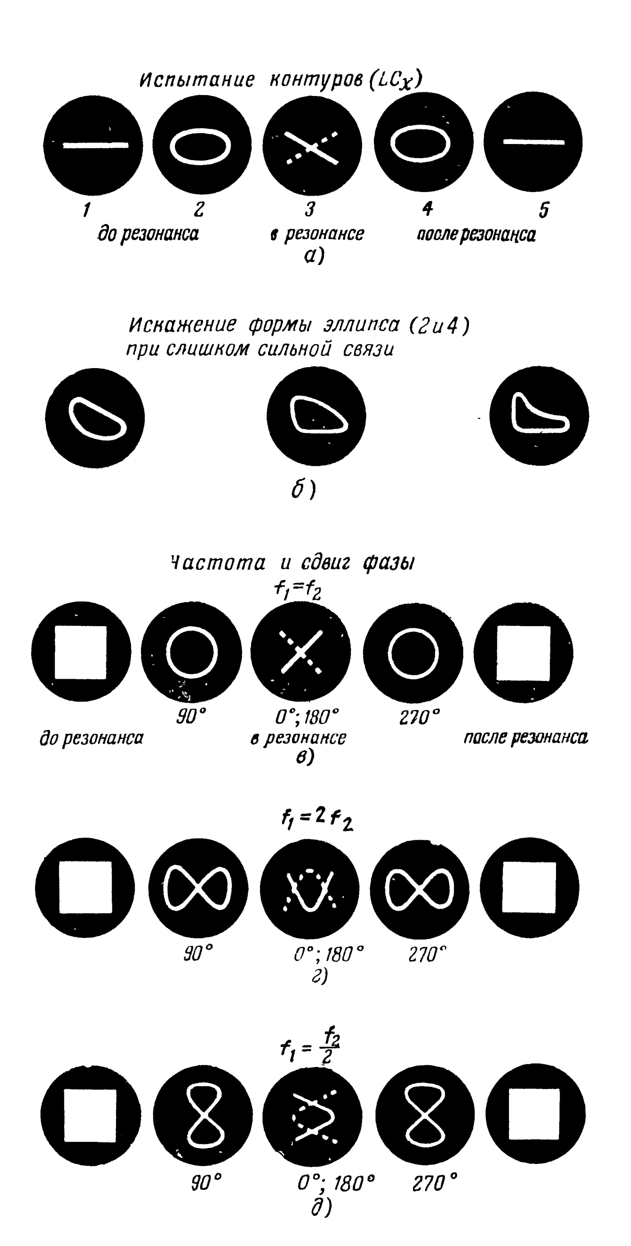
Фиг. 79. Внешний вид одного варианта большой модели по схеме фиг. 78.

Схемы омметра постоянного тока и измерителя полных сопротивлений не отличаются от ранее описанных.

В блоке питания применены два отдельных кенотрона косвенного подогрева: $Л_{10}$ (EZ12) и $Л_9$ (RFG3). Применение кенотрона $Л_{10}$ с косвенным подогревом, в частности, целесообразно потому, что в этом случае удается защитить компенсированный стрелочный прибор от возможности перегрузки, которая имела бы место, если бы $Л_{10}$ имела прямой накал, а $Л_3$ — косвенный.

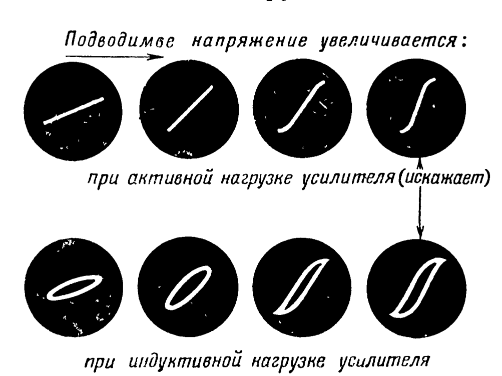
В блоке питания осциллографической трубки предусмотрены потенциометры регулировки яркости и фокусировки. Наивыгоднейшие условия работы трубки при помощи этих потенциометров подбираются при налаживании осциллографа. Выключатель $Вк_2$ позволяет гасить луч, когда осциллографом не пользуются.

К о н с т р у к ц и я. Внешний вид одного из вариантов большой модели по схеме фиг. 78 показан на фиг. 79. В левом верхнем углу виден экран электроннолучевой трубки осциллографа *1*. Небольшой выдвижной козырек улучшает возможность наблюдения кривых на экране трубки. Справа вверху расположен стрелочный прибор *3* катодного вольтметра. В центре видна большая барабанная шкала *2* гене-



Фиг. 80. Расшифровка некоторых фигур Лиссажу на экране осциллографа при исследованиях контуров (LC_x) и измерениях частоты (f_x).

ратора высокой частоты, на которой нанесены градуировки для пяти частотных поддиапазонов и градуировки L и C. Переключение поддиапазонов — кнопочное. Внизу слева видна шкала *5* генератора низкой частоты. Цифрами *6*, *7* и *8* обозначены колодки для подключения диодного и триодного выносных пробников и лампового делителя напряжения. Внизу справа видны три пары полуавтоматических гнезд для переключения поддиапазонов омметра постоянного тока *9*, слева — две группы гнезд *10* и *11* для выходного делителя генератора низкой частоты и измерителя полных сопротивлений. Наверху между осциллографом и стрелочным прибором расположены кнопки переключателей $П_2$, $П_3$, $П_4$ и $П_5$, а также полуавтоматические гнезда вольтметра и др.



Фиг. 81. Расшифровка некоторых фигур Лиссажу на экране осциллографа при наличии искажений в усилителях приемника, вызываемых разными причинами.

Потенциометры, требующие установки только во время налаживания, выведены под шлиц частично на переднюю панель, частично — на заднюю стенку.

Высокочастотный генератор тщательно экранирован. Кроме того, провода питания генератора защищены фильтрами. Цепи накала в нужных местах зашунтированы емкостями 0,02 *мкф*.

Для облегчения расшифровки кривых на экране электроннолучевого осциллографа на фиг. 80 приведены некоторые формы кривых напряжения при измерениях LC_x (фиг. 80,*а*), искажений при перегрузке (фиг. 80,*б*), при измерениях частоты f_x (фиг. 80,*в*, *г* и *д*), а на фиг. 81 — также форма искаженных и неискаженных кривых напряжения усилителя приемника.

В приложениях 2 и 3 приведены основные параметры и цоколевки почти всех упоминавшихся в описаниях моделей ламп, чтобы облегчить читателю возможность подбора замены ламп.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Максимально допустимые токи утечки электролитических конденсаторов (*мка* при 20° С)

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*								
	8	12	30	50	150	300	400	450	500
1	—	—	—	—	7,5	15	20	23	25
2	—	—	—	5	15	30	40	46	50
4	—	—	—	10	30	60	80	90	100
5	—	—	—	12,5	37,5	75	100	112	125
6	—	—	—	15	45	90	120	140	150
8	—	—	12	20	60	120	160	180	200
10	—	6	15	25	75	150	200	230	500
20	—	12	30	50	150	300	400	460	1 000
30	—	20	45	75	225	450	600	690	1 500
50	20	30	75	125	375	—	—	—	—
100	40	60	150	250	750	—	—	—	—
200	80	120	300	500	—	—	—	—	—
500	200	300	750	—	—	—	—	—	—
1 000	400	600	1 500	—	—	—	—	—	—
2 000	800	1 200	—	—	—	—	—	—	—

Обозначение лампы	Тип лампы	Назначение	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение анода, *в*	Ток анода, *ма*	Постоянное напряжение управляющей сетки, *в*	Напряжение второй сетки, *в*
			$U_н$	$I_н$	U_a	I_a	$-U_{c1}$	U_{c2}
AB2	Двойной диод	Детектор	4,0	0,65	200 (макс.)	0,8	—	—
AC2	Триод	Усилитель н. ч., генератор	4,0	0,65	250	6,0	5,5	—
AM2	—	Индикатор настройки	4,0	0,32	250	3,0	0	—
C/EM2	—	Индикатор настройки	6,3	0,2	200	3	0 (15°)* 3 (5°)	—
EA50	Диод	У. в. ч. детектор	6,3	0,15	200 (макс.)	5,0	—	—
EB11	Двойной диод	Детектор	6,3	0,2	200 (макс.)	0,8 (макс.)	—	—
EBF11	Двойной диод-пентод	Детектор+ +усилитель	6,3	0,2	250	5 —	2,0 41,0	100 250
ECH11	Триод-пентод	Генератор-смеситель	6,3	0,2	250	2,3 2	2 2,5	250 100
ECL11	Триод-тетрод	Усилитель н. ч.	6,3	1,0	250	36	6 12	— 100
EF11	Пентод	Усилитель в. ч. и н. ч.	6,3	0,2	250	6	2	100
EF12	Пентод	Усилитель в. ч.	6,3	0,2	250	3	2	100
EF14	Пентод	Усилитель в. ч.	6,3	0,47	250	12	4,5	200
EL11	Пентод н. ч.	Оконечный усилитель	6,3	0,9	250	36	6	250
EM11		Индикатор настройки	6,3	0,2	250	0,2	0 (75°)*) 4 (15°)	–
EZ11	Двойной кенотрон	Выпрямитель	6,3	0,4	2×250	60	—	—
EZ12	Двойной кенотрон	Выпрямитель	6,3	0,85	2×400	125	—	—
RENS 1294	Пентод	Усилитель в. ч.	4,0	1,1	200	4,5	2	100
RFG3	Одноанодный высоковольтный кенотрон	Выпрямитель	4,0	0,65	3 500	5	—	—
RGN354	Одноанодный кенотрон	Выпрямитель	4,0	0,6	250	25	—	—
RV12P 2000	Пентод	Усилитель н. ч.	12,6	0,075	250	8	4,5	200
SA100	Диод	У. в. ч. детектор	1,9	0,32	100 (макс.)	0,1	—	—
955	Триод („жолудь“)	Усилитель у. в. ч.	6,3	0,15	180	4,5	5	—

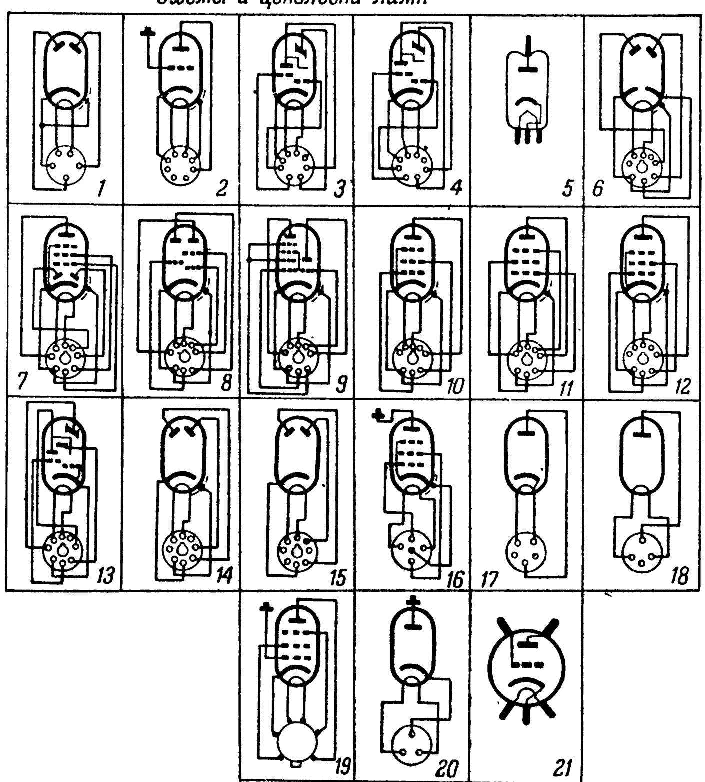
* Для индикаторов настройки здесь и ниже в скобках дан угол раствора светя-

В СХЕМАХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Ток второй сетки, *ма*	Крутизна, *ма/в*	Внутреннее сопротивление, *ком*	Сопротивление в цепи катода, *ом*	Выходная мощность, *вт*	Максимально допустимая мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Междуэлектродная емкость, *пф* (или особые замечания)			Тип цоколевки	Обозначение лампы
						входная	выходная	проходная		
I_{c2}	S	R_i	$R_к$	$P_в$	P_a	$C_{ск}$	$C_{ак}$	$C_{са}$		
—	—	—	—	—	—	—	4	—	1	AB2
—	2,5	12	900	2	—	—	—	1,7	2	AC2
—	2,0	25	–	1,5	—	Напряжение на экране U_a; ток экрана 1 *ма*			3	AM2
—	—	—	—	—	—	Напряжение на экране U_a; ток экрана 3 *ма*			4	C/EM2
—	—	—	—	—	—	—	2	—	5	EA50
—	—	–	—	—	—	—	3,3	—	6	EB11
—	1,8	2·10³	300	1,5	—		—	0,002	7	EBF11
	0,018	>10·10³	—			—				
3	0,65	8·10²	300	1,8	—	5	9	—	9	ECH11
	0,006	>10·10³	—							
—	2	35	—	0,6				1,5	8	ECL11
	9	25	—	9	4,2	—	—	0,9		
2	2,2	2·10³	250	2	—	—	—	—	10	EF11
1	2,1	2·10³	500	1,5	–	—	—	—	10	EF12
3	7	200	300	5	—	R_a (*экв*) = 850 *ом*			11	EF14
4	9	50	150	9	4,5	U_{c1} ~ 50; 0,3 *в эфф*.			12	EL11
—	—	—	—	—	—	Напряжение на экране U_a; ток экрана 0,5 *ма*			13	EM11
—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	EZ11
—	—	—	—	—	—	—	–	—	15	EZ12
1,8	2	1·10³	300	1,5	—	—	—	—	16	RENS1294
—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	RFG3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	RGN354
2,5	1,5	1·10³	500	2	—	—	—	—	19	RV12P2000
—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	20	SA100
—	2,0	12	–	—	—	—	—	1,4	21	955

щегося пятна в градусах.

Схемы и цоколевки ламп



НЕКОТОРЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ НА СХЕМАХ

— переменное напряжение 50 *гц*.

— переменное напряжение низкой (звуковой) частоты.

— переменное напряжение высокой частоты.

— штепсельные гнезда.

— экранированное штепсельное гнездо.

— вилка, щуп.

— провод в экране.

— коммутаторное (полуавтоматическое) пружинное гнездо. Когда вилка полностью вставлена в гнездо, контакт между *а* и *б* разрывается.

а б

— коммутаторное (полуавтоматическое) пружинное гнездо (переключатель). Когда вилка не вставлена, замкнуты контакты *б* и *в*; когда вилка полностью вставлена, контакты *б* и *в* разомкнуты, *а* и *б* замкнуты.

а б в

— кнопочные переключатели: *а* — разомкнутый; *б* — замкнутый.

а) б)

— пружинная кнопка (ключ).

— сопротивление, величина которого должна быть тщательно подобрана при налаживании прибора.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 3 руб.